



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE BIOACTIVADORES COMO
DEPURADORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, CANTÓN OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORA

CLARA KATHERINE FARINANGO VALLEJOS

DIRECTORA

ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA, MSc

NOVIEMBRE, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE BIOACTIVADORES COMO DEPURADORES EN
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, CANTÓN OTAVALO,
PROVINCIA DE IMBABURA”**

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Ing. Eleonora Melissa Layana, MSc.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Jairo Santiago Cabrera MSc.

ASESOR

FIRMA

Ing. Jorge E. Granja MSc.

ASESOR

FIRMA

IBARRA – ECUADOR

NOVIEMBRE, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100450091-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Farinango Vallejos Clara Katherine		
DIRECCIÓN:	Ibarra-Imbabura		
EMAIL:	cfarinango.2013@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062558556	062558556	062558556

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE BIOACTIVADORES COMO DEPURADORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, CANTÓN OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA
AUTOR (ES):	Farinango Vallejos Clara Katherine
FECHA: DD/MM/AAAA	26 de Noviembre del 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Eleonora Melissa Layana, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a 4 días del mes de diciembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Clara Farinango Vallejos

AGRADECIMIENTO

A mi familia, a mis padres y hermanos quienes han sido el pilar esencial para continuar creciendo personal y profesionalmente caminando conmigo en cada paso brindándome su apoyo, amor y comprensión incondicional.

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de su institución en la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y el haberme inculcado la importancia de la conservación del ambiente.

De igual manera agradecer a mi director de Tesis Ing. Eleonora Layana por su apoyo y sobre todo la paciencia durante el desarrollo de esta investigación, de igual forma agradezco a mis asesores Ing. Santiago Cabrera e Ing. Jorge Granja quienes con sus observaciones y correcciones han aportado en gran medida al desarrollo de mi trabajo de titulación.

Para finalizar, agradezco el apoyo y la amistad brindada por mis amigos, quienes han estado presentes durante todos estos años brindándome su ayuda, consejos y sobre todo con quienes he formado una fuerte amistad.

Clara Farinango

DEDICATORIA

A mis padres Gabriel Farinango y Teresa Vallejos por haberme dado la vida, educarme y enseñarme a seguir adelante pese a los obstáculos que se me presenten, además de su apoyo y amor incondicional durante cada una de las etapas de mi vida. A mis hijos Isabela y José quienes me han enseñado a luchar cada día por su bienestar y el mío, para poder verlos crecer y mirar su dulzura todos los días de mi vida. Además, quiero agradecer a Alexis Chicanoy quien con su paciencia y amor me acompañó a finalizar esta etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional. También quiero resaltar el apoyo de mi hermano Andrés Farinango a quien lo admiró y quiero con todo mi corazón ya que siempre ha estado presente incondicionalmente y consejos. Sin embargo, quiero dedicar este trabajo a mi madre por siempre haberme dado un consejo de aliento para que no desmaye, por haberme inculcado el valor de salir adelante pese a los obstáculos que se me presenten, por ser un ser de luz que da vida a todo aquel que lo necesita con su bondad y dulzura, agradezco a la vida porque sigas a mi lado y por ser la mejor mamá del mundo.

A mis amigos quienes siempre han estado presente en mi vida durante sus diferentes etapas, con sus consejos llenos de amor y sus infaltables palabras de motivación en los momentos que más cuestiona mis capacidades. Por todo eso gracias amigos.

Clara Farinango

Índice

RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de Antecedentes o estado del arte.....	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	5
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Pregunta directriz de la investigación	7
CAPÍTULO II.....	8
REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Marco teórico referencial	8
2.1.1 Aguas Residuales (AR)	8
2.1.1.1 Aguas residuales domésticas (ARD).....	8
2.1.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	9
2.1.2.1 Tratamiento anaerobio.....	9
2.1.3 Fases para tratamiento de aguas residuales	9
2.1.4 Normas de calidad de aguas residuales.....	10
2.1.5 Características físicas	11
2.1.6 Características químicas.....	13
2.1.7 Características microbiológicas	15
2.1.8 Uso de Bioactivadores como depuradores de AR.....	15
2.1.9 Microorganismos eficientes.....	16
2.1.10 Caudal (Q).....	16
2.1.11 Afluente	17
2.1.12 Efluente	17
2.1.13 Malos olores y sabores.....	17
2.2 Marco legal	17
CAPÍTULO III	21

METODOLOGÍA.....	21
3.1 Descripción del área de estudio	21
3.2 Metodología.....	22
3.2.1 Fase I: Determinación el estado actual de los sistemas depurativos del agua residual de las plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”.....	22
3.2.1.1 Estado de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”	22
3.2.1.2 Medición del caudal de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”.....	22
3.2.1.3 Aforo volumétrico	23
3.2.1.4 Determinación del caudal medio previo a la implementación de los Bioactivadores	24
3.2.1.5 Medición de lodos	24
3.2.1.6 Tiempo de Retención Hidráulica	25
3.2.1.7 Medición de percepción de olores.....	25
3.2.1.8 Implementación del bioactivadores B1 (El Obraje) y B2 (Cachiviro) 26	
3.2.1.9 Método de recolección de muestras	26
3.2.1.10 Evaluación de los niveles de depuración físico-químicos y microbiológicos ante la implementación de B1 y B2 en las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	30
3.2.2 Fase II: Evaluación de la eficiencia depurativa, mediante la aplicación de bioactivadores.....	31
3.2.2.1 Análisis de datos estadísticos.....	31
3.2.2.2 Análisis de remoción de carga contaminante del sistema depurativo de las PTARs	31
3.2.2.2 La prueba de Clúster	31
3.2.3 Fase III: Desarrollo del manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento con enfoque al uso de bioactivadores.	32
3.3 Materiales y equipos.....	33
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Fase I: Determinación del estado actual de los sistemas de tratamiento de agua residual de las plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”.....	34

4.1.1 Cámara de entrada con rejillas.....	36
4.1.2 Tanques de distribución de caudal	36
4.1.3 Tanques sedimentadores.....	36
4.1.4 Filtros anaerobios de flujo ascendente	37
4.1.5 Tanques de clarificación	37
4.1.6 Tanques receptores de agua tratada	37
4.1.7 Salida del efluente al cuerpo de agua natural	37
4.1.8 Determinación del caudal medio previo a la implementación de los bioactivadores.....	38
4.1.9 Tiempo de retención hidráulica (TRH)	40
4.1.10 Medición de lodos en los sedimentadores de “El Obraje” y “Cachiviro” ..	40
4.1.11 Percepción comunitaria de Olores	40
4.1.11.1 Definición del área para el desarrollo de encuestas	40
4.1.11.2 Análisis de resultados de encuestas.....	41
4.2 Fase II: Evaluación de la eficiencia depurativa mediante la aplicación de bioactivadores.....	45
4.2.1 Análisis de remoción de carga contaminante.....	45
4.2.2 Análisis estadístico de eficiencia de bioactivadores	51
4.3 Fase III: Desarrollo del manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento con enfoque al uso de bioactivadores.	57
4.3.1 Introducción.....	57
4.4 Aguas Residuales	58
4.5 Recolección y evacuación de las aguas residuales	58
4.6 Confinamiento	58
4.7 Detalle del Sistema de depurativo de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (Rurales) anaerobias.	59
4.7.1 Cribado	60
4.7.2 Diseño de rejillas.....	60
4.7.3 Cárcamo.....	61
4.7.4 Separadores de caudal	61
4.7.5 Cámaras sépticas (Etapa primaria).....	62
4.7.6 Sedimentadores	62

4.8 Filtro de flujo ascendente (Etapa secundaria).....	63
4.9 Etapa final.....	63
4.10 Evaluación del estado de la PTAR.....	63
4.10.1 Aforo volumétrico.....	63
4.10.2 Muestreos de agua residual.....	64
Finalizado la etapa de muestreo de acuerdo a la normativa vigente se procede al análisis de las muestras.	65
4.10.3 Análisis de laboratorio.....	66
4.10.4 Tiempo de retención hidráulica (TRH)	66
4.10.4 Medición de lodos.....	66
4.11 Evaluación de percepción de olores en PTARs anaerobias.....	67
4.11.1 Sustancias generadoras de malos olores en PTARs.....	67
4.11.2 Causas frecuentes de la generación de malos olores en las PTARs.....	68
4.11.3 Caracterización de los olores ofensivos.....	68
4.11.4 Control de olores ofensivos	69
4.12 Actividades para un adecuado proceso depurativo y minimización de malos olores.....	71
4.12.1 Mantenimiento general de PTARs	71
4.12.2 Control y mantenimiento de olores en cámaras sépticas.....	71
4.12.3 Mantenimiento de la fase de pre tratamiento de las PTARs.....	72
4.13 Soluciones a daños estructurales de las unidades del sistema depurativo para mitigar o evitar la existencia de externalidades ambientales negativas (malos olores)	72
4.14 Medidas para mitigar los olores.....	75
4.15 Técnicas de prevención para el operador y obrero	75
4.15.1 Seguridad.....	76
4.16 Actividades auxiliares para prevención de la generación de malos olores ...	78
CAPÍTULO V	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.2 Recomendaciones	80
REFERENCIAS	81
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases depurativas de Aguas Residuales.....	10
Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	10
Tabla 3. Etapas de dosificación del B1 y B2	27
Tabla 4. Detalle de plan y frecuencias de muestreos simple(ingreso) del afluente (salida) efluente.....	29
Tabla 5. Metodología de parámetros físico-químicos y microbiológicos.....	31
Tabla 6. Materiales y Equipos.....	34
Tabla 7. Detalle sobre el mantenimiento realizado durante las aplicaciones de los bioactivadores mediante las salidas de campo y el desarrollo de la ficha ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en el cantón Otavalo El Obraje (2017) y Cachiviro (2019).....	36
Tabla 8. Resultado de análisis del afluente a)“El Obraje” y b)“Cachiviro” realizados previamente a la implementación de cada bioactivador en cada PTAR.....	40
Tabla 9. Caudal medio de PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”	41
Tabla 10. Tiempo de Retención Hidráulica de los tanques sedimentadores de las PTARs “El Obraje”y “Cachiviro”	42
Tabla 11. Remoción de carga contaminante de los parámetros Físicos-Químicos y Microbiológicos obtenidos durante la implementación del B1 y B2 expresados en porcentajes ;PFM (parámetros físicos y microbiológicos); PQ (parámetros químicos); D(dosificación).....	50
Tabla 12. Estadísticas descriptivas de los parámetros físicos.....	54
Tabla 13. Estadísticas descriptivas de los parámetros químicos.....	56
Tabla 14. Estadísticas descriptivas de los parámetros microbiológicos.....	57
Tabla 15. Tipos de aguas residuales.....	60
Tabla 16. Detalle de equipo y materiales para un muestreo adecuado.....	67
Tabla 17. Detalle de pasos y herramientas para un adecuado muestreo (afluente y efluente).....	68
Tabla 18. Tipos de percepción de olores.....	71

Tabla 19. Tecnologías alternativas físico- químicas y biológicas para el control de olores en PTARs domésticas.....	72
Tabla 20. Detalle de equipos de seguridad de obreros.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón Otavalo.....	22
Figura 2. Métodos de aforo volumétrico: a) Lugar de aforo, b) Limpieza de rejilla, c) Recolección del afluente, d) Tiempo de aforo (5s).....	24
Figura 3. Diseño de infraestructuras de plantas de.....	30
Figura 4. Curva diaria de caudal medio del afluente (L/s) de la PTAR “El Obraje”.....	41
Figura 5. Curva diaria de caudal medio del afluente (L/s) de la PTAR “Cachiviro”.....	42
Figura 6. Mapa de área de influencia de las comunidades “El Obraje” y “Cachiviro”.....	44
Figura 7. e) percepción de olores, f) intensidad de olores, g) semejanzas olfativas, h) causa de olores, i) hora de percepción de olores, j) intensidad de olores en base al clima, k) verificación de disminución de olores.....	45
Figura 8. Dendograma de los Parámetros Físicos.....	55
Figura 9. Dendograma de distancia de los Parámetros Químicos.....	56
Figura 10. Dendograma de distancia de los Parámetros.....	57
Figura 11. Descripción del sistema de alcantarillado en zonas rurales.....	61
Figura 12. Flujograma de etapas del sistema de tratamiento de PTARs anaerobias en zonas rurales.....	62
Figura 13. Diseño de rejilla.....	63
Figura 14. Sección de cárcamo.....	63
Figura 15. Sección de separadores de caudal.....	64
Figura 16. Sedimentadores de las PTARs: l) “El Obraje”, m) “Cachiviro”.....	65
Figura 17. Filtros de flujo ascendentes (FAFA).....	65
Figura 18. Metodología de Aforo Volumétrico.....	66
Figura 19. n) Filtro roto; ñ) Base de tapas desgastadas; o) Tapas oxidadas.....	76
Figura 20. Limpieza de rejilla del ingreso del AR a la PTAR.....	76
Figura 21. Limpieza de áreas verdes de PTARs.....	77

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE BIOACTIVADORES COMO
DEPURADORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, CANTÓN OTAVALO PROVINCIA DE IMBABURA

Clara Katherine Farinango Vallejos

RESUMEN

En los últimos años el crecimiento demográfico se ha acelerado y con esto el aumento de diferentes necesidades básicas de los seres humanos, generando impactos negativos a los recursos naturales. Tal es el caso, del recurso hídrico que al ser alterado pasa a ser aguas residuales creando problemas socio-ambientales; este recurso, durante la etapa de tratamiento generando externalidades ambientales negativas como es la percepción de malos olores a causa de la lenta desintegración de la materia orgánica en plantas de tratamiento anaerobias. A razón de estas problemáticas se propuso mejorar la eficiencia depurativa de cada PTAR, mediante la aplicación de alternativas amigables con el ambiente “bioactivadores”. Esta investigación se enfocó en evaluar la eficiencia depurativa de plantas de tratamiento durante la implementación de los bioactivadores B1 (“El Obraje”) y B2 (“Cachiviro”) realizando previamente una evaluación del estado de cada planta, medición de caudal, tiempo de retención hidráulica, medición de lodos y encuesta a los pobladores (percepción de olores). Finalizado la fase de campo se demostró que a través de los análisis físico-químico y microbiológico la eficiencia depurativa de la aplicación del producto B1 “El Obraje” cumplió los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua natural ante la disminución de la carga contaminante de sólidos, pH, DBO₅, DQO, amoníaco, fosfatos, sulfuros, sulfatos y

coliformes; por otro lado, el producto B2 “Cachiviro” generó un alto porcentaje de remoción de carga contaminante; sin embargo, no cumplió con los límites máximos permisibles de acuerdo a la normativa vigente.

Palabras clave: aguas residuales, bioactivadores, eficiencia, externalidades ambientales, materia orgánica.

ABSTRACT

In recent years, demographic growth has accelerated and with this the increase in different basic needs of human beings, generating negative impacts on natural resources. Such is the case, of the water resource that, when altered, becomes wastewater creating socio-environmental problems; this resource, during the treatment stage, generating negative environmental externalities such as the perception of bad odors due to the slow disintegration of organic matter in anaerobic treatment plants. Due to these problems, it was proposed to improve the purification efficiency of each WWTP, through the application of environmentally friendly alternatives "bioactivators". This research focused on evaluating the purification efficiency of treatment plants during the implementation of bioactivators B1 ("El Obraje") and B2 ("Cachiviro"), previously carrying out an evaluation of the status of each plant, flow measurement, retention time hydraulics, sludge measurement and survey of residents (perception of odors). At the end of the field phase, it was demonstrated that through the physical-chemical and microbiological analysis the purifying efficiency of the application of the product B1 "El Obraje" met the maximum permissible discharge limits to a natural water body due to the decrease in the load solid pollutant, pH, BOD5, COD, ammonia, phosphates, sulfides, sulfates and coliforms; On the other hand, product B2 "Cachiviro" generated a high percentage of pollutant load removal; however, it did not comply with the maximum permissible limits according to current regulations.

Keywords: wastewater, bioactivators, efficiency, environmental externalities, organic matter.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de Antecedentes o estado del arte

La disminución acelerada de los recursos naturales es uno de los problemas que enfrenta el planeta, como es el caso del recurso hídrico afectado por el incremento poblacional y demanda diaria de este recurso para satisfacer las necesidades básicas del ser humano, acelerando el proceso de contaminación y disminuyendo el acceso (Buytaert, Zulkafli, Grainger, Acosta, Amélie, Bastiaensen y Fogging, 2014).

El agua, un recurso indispensable para el desarrollo de las actividades humanas, crecimiento económico y bienestar social, con un consumo de 3.000 litros/persona. Sin embargo, el uso del agua en el ámbito agrícola es del 10%, siendo la actividad de mayor consumo de agua dulce en el planeta (Silva, Torres y Madera, 2008). En cuanto, a las actividades socioeconómicas, desarrolladas en los centros poblados son generadoras de aguas residuales, donde su disposición final es a través del alcantarillado o de manera directa al cuerpo de agua causando impactos leves o fuertes al ambiente (Lozada, Vélez y Patiño, 2009).

La eliminación del agua residual se identifica como un vertido compuesto por patógenos y una variedad de sustancias contaminantes. El grado de contaminación de las aguas residuales varía en cada población o industria como el sistema de recolección que se emplee. Pese a esto, la mayoría de las aguas residuales rurales no son tratadas de una manera adecuada y muchas veces descargadas directamente a los cauces del río (Ramón, 2010).

En el mundo Menos del 5% de las aguas residuales tienen un sistema de tratamiento y transportadas por un sistema de alcantarillado. Sin embargo, en zonas rurales el agua residual es usualmente vertida directamente a fuentes naturales como las vertientes superficiales, en perjuicio de la salud humana y es una combinación de

residuos orgánicos, agroquímicos y nutrientes, por escorrentía se dirigen hacia los cuerpos de agua en general con microorganismos, virus, protozoos y bacterias causantes de enfermedades (patógenos). (Sato, Nadir, Yamamoto, Endo y Zahoor, 2013).

En Latinoamérica menos del 14% de aguas residuales son tratadas, por el elevado costo de construcción que conlleva a realizar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Noyola, Padilla, Morgan, Güereca y Hernández, 2012). No obstante, México, Nicaragua, Perú y Brasil, ampliaron el desarrollo de tratamiento en aguas residuales domésticas, a través de tecnologías amigables con el ambiente para mejorar la eficiencia depurativa, disminuyendo la materia orgánica previo a la descarga a la fuente natural (ONU, 2005).

El uso de bioactivadores o también llamados microorganismos eficientes son una alternativa ambiental para el tratamiento de diferentes actividades antrópicas: pecuarias (apicultura, porcicultura, ganadería, acuicultura), rellenos sanitarios, botaderos de basura y desechos, tratamiento de suelos, aguas y aguas residuales (Romero y Vargas, 2017). En este caso, la implementación de los bioactivadores ayuda a los procesos depurativos de las plantas de tratamiento con el fin de mejorar su eficiencia ante la desintegración de materia orgánica, mediante la segregación de ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelantes metálicos enfocándose en la separación sólido/líquido, mitigando las externalidades ambientales negativas para la población (Bejarano y Escobar, 2015).

De acuerdo con Romero y Vargas (2017), el uso del bioactivador “versaklin” en zanjias conductoras de agua disminuyó la carga contaminante de demanda biológica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes fecales (CF), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y sulfatos cumpliendo con los límites permisibles a partir de la degradación eficiente de la materia orgánica, eliminación de putrefacción, sustancias nocivas, entre otros subproductos, aportando a restablecer el balance ecológico de la zona.

Herrera y Corpas (2013), enfatizan el gran impacto que produce el ser humano al construir infraestructuras que “aportarán” al desarrollo de diferentes productos y métodos de producción para satisfacer las necesidades básicas alimenticias. Tal es el caso, de la industria láctea que contienen altos niveles de contaminación; es de allí que surge el uso de alternativas amigables con el ambiente como son los microorganismos eficientes que contrarrestaron los niveles de carga contaminante de parámetros como el DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales (ST) en un 70% a 90% minimizando las externalidades ambientales, manejo de aguas y residuos sólidos.

Otra alternativa para la mitigación de externalidades ambientales negativas existentes en aguas residuales domésticas (ARD), lo define Cardona (2018), a través de la aplicación Microorganismos Eficiente (EM), compuesto de una combinación de microorganismos (enzimas, antioxidantes, entre otros) siendo su principal objetivo verificar la profundidad de los recipientes limitante para una óptima activación de bacterias desintegradoras de la materia orgánica. Demostrando la efectividad del producto además de la disminución de la carga contaminante, dando hincapié que la profundidad no genera ningún resultado desfavorable ante la implementación del producto.

En Ecuador los estudios acerca de implementación de bioactivadores, representan un enfoque para la disminución de materia orgánica y posteriormente el cumplimiento de parámetros físico- químicos y microbiológicos en base a la normativa vigente de descarga del efluente a un cuerpo de agua natural. Entre ellos el estudio de Leal, Panta y Ferrín (2015), a través de la evaluación del sistema depurativo de una procesadora de pescado ubicada en Manta con reactores anaerobios discontinuos en 3 ensayos de 1L durante cada 24h del efluente diluyéndose con agua destilada durante 3 etapas con proporciones de 33%, 66% y 100%. Además, monitorearon parámetros como el pH, alcalinidad total, DBO₅, DQO, (NO₂⁻), amonio (NH₄⁺), nitrógeno total Kjeldahl (NTK), ortofosfato (PO₄), sulfato, sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos suspendidos volátiles (SSV), obteniendo una disminución favorable de carga contaminante.

Centeno, Quintana y López (2019), enfatizan la importancia del uso de los microorganismos para el tratamiento de aguas residuales al aumentar el metabolismo y crecimiento de las bacterias. Por consiguiente, el estudio se enfocó en evaluar el tratamiento más adecuado para depurar aguas residuales durante la aplicación de tres distintas concentraciones (tratamientos), evaluándolos con la prueba de DBO₅, demostrando que la aplicación del tercer tratamiento fue efectiva a través del uso de bacterias rojas no sulfurosas disminuyeron las concentraciones de DBO₅ esencial para el cumplimiento de los límites permisibles para una adecuada desintegración de la materia orgánica en las PTARs anaerobias.

Como alternativa, el estudio que realizó Gavilánez (2017), influencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito” su finalidad fue evaluar los efectos depuradores ante la aplicación de la especie acuática *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes; evaluaron el H₂S (Sulfuro de Hidrógeno), NTK, fósforo total (FT) y pH, DBO₅ y DQO a diferencia del estudio anterior la metodología que usaron fue el diseño experimental completamente al azar de cuatro tratamientos con tres repeticiones en estanques de 1m³ de volumen. El agua residual previa a la aplicación de los tratamientos cumplió con los límites permisibles del efluente, previo a su descarga a la fuente natural. Sin embargo, todos los tratamientos fueron efectivos para la remoción de materia orgánica (MO) pero *E. crassipes* presentó una mayor disminución de materia orgánica. Por otra parte, la aplicación de los ME no mejoran el proceso de desintegración de MO al contar con su propia carga microbiana demostrando que el proceso depurativo de la PTAR es adecuado.

En Ecuador existen algunas plantas de tratamiento implementadas con el propósito de minimizar el impacto ambiental, al no desarrollarse una adecuada operación y mantenimiento se genera problemáticas ambientales, que a su vez puede ser objeto de sanción por la autoridad competente, Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE), como ente regulador y de control de la parte ambiental, ante el

aumento o identificación de las diferentes externalidades ambientales generadas ante el desarrollo de cualquier actividad o infraestructura que se realice en las zonas urbanas o a su alrededor. Por tal motivo, la construcción de infraestructuras tiene como finalidad tratar aguas residuales domésticas es indispensable realizar una correcta gestión de los recursos hídricos, como se lo determina en la Constitución y la Secretaría Nacional del Agua, esta última tiene como fin una gestión integral en todo el territorio ecuatoriano operando mediante organismos descentralizados (Hurtado y Belén, 2020).

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo (2012), desde el año 2000 se inició con diferentes procesos para mejorar la calidad de los diferentes servicios básicos para la ciudadanía del cantón Otavalo, construyendo a partir del año 2011 plantas de tratamiento de aguas servidas, las cuales se crearon a partir de la cuenca del lago San Pablo. Las zonas residenciales son una de las principales fuentes generadoras de aguas residuales, por lo tanto, la cantidad de caudal depende del número de habitantes, lo cual varía durante el día y año (Koné, 2010).

1.2 Problema de investigación y justificación

Las aguas residuales que se transportan por el sistema de alcantarillado de las zonas rurales del cantón Otavalo han incrementado problemas socio ambientales, ante el crecimiento poblacional y sus requerimientos para satisfacer necesidades personales o económicas. Por esta razón, ante las diferentes actividades antrópicas como naturales, es evidente la presencia de múltiples residuos sólidos, líquidos o tóxicos en el AR donde al no contar con un eficiente proceso depurativo generan problemas socio-ambientales (Torres, 2012).

Tal es el caso, de las plantas de tratamiento “El Obraje” parroquia Miguel Egas Cabezas y “Cachiviro” parroquia San Rafael ubicadas en el cantón Otavalo, que ante la percepción de malos olores (externalidades ambientales negativas) provenientes de las PTARs expusieron sus molestias al ente encargado de la operatividad y mantenimiento de las infraestructuras Empresa Pública de Agua

Potable (EMAPAO-EP); los que posteriormente determinaron que la lenta desintegración de la materia orgánica, es perjudicial para el óptimo proceso de los sistemas depurativos anaerobios Wijekoon, Visvanathan y Abeynayaka (2011). Es así que, a través de los muestreos realizados (entrada - salida) se constató que las PTARs no cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) al contar con altas concentraciones de parámetros físico-químicos y microbiológicos, previo a la descarga del efluente a un cuerpo de agua natural de acuerdo a la normativa vigente (Hurtado y Belén, 2020).

En términos generales, la presencia de externalidades ambientales se debe a la lenta desintegración de residuos orgánicos, falta de mantenimiento y deficiencias en lo que respecta al proceso de depuración de las AR lo cual conlleva al aumento de la materia orgánica. Además, las problemáticas identificadas han generado malestar a los habitantes de las viviendas que se encuentran junto a las PTARs ante la posibilidad de perjudicar la salud de los habitantes y la calidad ambiental.

Por tal razón, el presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar la eficiencia depurativa de las plantas de tratamiento domésticas mediante la implementación de tecnologías alternativas amigables con el ambiente, como son los bioactivadores (microorganismos eficientes) que al actuar como desintegradores de materia orgánica mitigan la presencia de externalidades ambientales perjudiciales para los habitantes de las comunidades, producto de un ineficiente manejo de las PTARs. Además, de mejorar la calidad de vida y la conservación del ecosistema que se encuentran aledaños o próximos a las PTARs.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de bioactivadores como depuradores en plantas de tratamiento de aguas residuales, cantón Otavalo, provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de los sistemas depurativos del agua residual de las plantas de tratamiento el “Obraje” y “Cachiviro”.
- Evaluar la eficiencia depurativa, mediante la aplicación de bioactivadores.
- Generar un manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento con enfoque al uso de bioactivadores.

1.4 Pregunta directriz de la investigación

¿Los bioactivadores aceleran la descomposición de la materia orgánica y la reducción de malos olores que generan las plantas de tratamiento?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico referencial

A partir de este capítulo la información que se detallará será fundamentada por diferentes estudios científicos afines, extraídos de diferentes investigaciones representadas en artículos o revistas científicas, libros, proyectos entre otras fuentes referentes al tratamiento de plantas de aguas residuales anaeróbicas y el uso de productos amigables con el ambiente “bioactivadores” para un adecuado proceso depurativo.

2.1.1 Aguas Residuales (AR)

Alteración del agua potable que después del abastecimiento a los pobladores se transforman en AR (composición variada de aguas urbanas y residuos líquidos industriales o mineros), que al ser contaminadas por las distintas actividades humanas son transportadas por el alcantarillado y saneamiento, siendo su destino final la PTAR; encargándose de intensificar de manera eficiente y controlada los diferentes mecanismos de autodepuración en un corto tiempo. En otras palabras, es el cambio físico-químico y microbiológico a razón de combinación de residuos sólidos- líquidos, químicos, agrícolas, entre otros (Farabegoli, Chiavola y Rolle, 2009).

2.1.1.1 Aguas residuales domésticas (ARD)

El agua residual se genera a partir de los diferentes desechos de zonas urbanas o rurales como viviendas, edificios o instituciones (dando como resultado, desechos humanos, agua de lavaplatos, limpieza del hogar, entre otros) constituyéndose de materia orgánica, sólidos, suspendidos y coliformes fecales (Bejarano y Escobar,

2015). Es así que, Grefa (2013), determina que a partir de las ARD se pueden identificar:

- **Aguas Negras:** combinación de aguas escatológicas con elevadas concentraciones de materia orgánica y microorganismos.
- **Aguas grises:** siendo el resultado del agua usada para limpieza.

2.1.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

Se encargan del tratamiento del agua residual de las distintas fases para la eliminación de bacterias, virus y un sin número de microbios patógenos previo a su vertimiento del efluente al cuerpo de agua natural (Ruzhitskaya y Gogina, 2014). El adecuado proceso físico-químicos y biológicos elimina residuos contaminantes en porcentajes beneficiosos; no obstante, el tratamiento depende del tipo del agua residual y de la misma manera el análisis a realizarse (Chen y Zhang, 2013).

2.1.2.1 Tratamiento anaerobio

La construcción de las PTARs depende del tipo de agua residual a ser tratada y su ubicación; el tratamiento anaerobio es una alternativa para las zonas rurales o urbanas por su bajo costo de construcción al no necesitar aireación generan biogás, aportando a la descomposición de la materia orgánica permitiendo un óptimo proceso de digestión anaerobia de las aguas residuales (Yoo, Kim, McCarty y Bae, 2012).

2.1.3 Fases para tratamiento de aguas residuales

El nivel requerido para un óptimo tratamiento de agua residual depende de la cantidad de vertido del efluente (Tabla 1).

Tabla 1. Fases depurativas de Aguas Residuales

Fases	Descripción
Pre tratamiento	Remueve físicamente residuos o desechos grandes.
Tratamiento primario	Consiste en la eliminación de sólidos suspendidos y materiales flotantes.
Tratamiento secundario	Aplicación de métodos biológicos usuales (lodos activados o filtros).
Tratamiento terciario	Eliminación de contaminantes que no se han degradado ante la ejecución de los tratamientos previos.

Fuente: Ramalho (2003).

2.1.4 Normas de calidad de aguas residuales

La normativa legal para determinar la calidad de agua en Ecuador se basa a través del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) donde se detalla las diferentes normas para el cumplimiento o limitaciones de la calidad del agua (vertido) previamente a las descargas sobre fuentes de agua dulce (Tabla 2) (Alvarado, Larriva, Sánchez, Idrovo y Cisneros, 2017).

Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Unidades	Límite Permisible
Coliformes fecales	-	2000
Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
DBO ₅	mg/l	100
DQO	mg/l	200
Fósforo total	mg/l	10.0
Hierro total	mg/l	10.0
Manganeso total	mg/l	2.0
Materia flotante	-	2.0
Potencial de hidrógeno	-	6-9
Sólidos suspendidos totales	mg/l	130
Sólidos totales	mg/l	1600
Sulfatos	mg/l	1000
Temperatura	-	Condición natural +/- 3

Fuente: TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) Libro VI, Anexo1

2.1.5 Características físicas

2.1.5.1 Temperatura

La temperatura al ser un parámetro determinante permite la activación de las bacterias para que se genere un adecuado proceso depurativo; no obstante, la condición puede variar con respecto al tipo de bacterias; ejemplo la bacteria psicrófilos que se desarrolla a una T° de 15 a 20 °C o bacterias mesófilas que se desarrollan a una T° de 30 °C y 37 °C. Por otra parte, si el agua residual presenta altas temperatura permite la proliferación negativa en plantas acuáticas y hongos (Wang, Zheng, Luo y Zhang, 2011).

2.1.5.2 Conductividad Eléctrica (CE)

Capacidad del agua para conducir o transmitir calor mediante el movimiento de partículas a través de iones cargados de Mg, Na, bicarbonatos, cloruros o sulfatos que generen un movimiento en forma de red (cantidad de electrones disponibles permitiendo un adecuado proceso de conducción). También está relacionado con las concentraciones de sales disueltas ante el uso doméstico que tiene el agua (Igbinosa y Okoh, 2009).

2.1.5.3 Olor y Color

Se generan a partir de los gases que se liberan en el proceso donde la materia se descompone y da como resultado sulfatos generadores de malos olores. El olor y color de un agua residual son indicadores del nivel de contaminación del agua facilitando el diagnóstico del funcionamiento de los procesos de tratamiento previo a la descarga del efluente al cuerpo de agua (Wang, Guo, Zheng, Luo y Zhang, 2011).

2.1.5.4 Turbiedad

Es una medida de dispersión de la luz a través del agua donde existe la presencia de material residual suspendido coloidal que varía de tamaño, materia orgánica e inorgánica, entre otros (Centeno, 2019). Este parámetro es de gran importancia en los cuerpos de agua o vertientes naturales, donde al existir una penetración de luz permite la “actividad fotosintética” (Zhidong, Yong, Xincheng, Lige y Dandan, 2009).

2.1.5.5 Oxígeno Disuelto (O_2)

Se encuentra presente en cuerpos de agua o ecosistemas acuáticos, permitiendo la vida de los organismos según su rango y tolerancia a adaptarse en el medio acuático; al existir un bajo nivel de este indicador representaría un elevado grado de contaminación del agua (efluente) perjudicando a los seres acuáticos. El oxígeno disuelto disminuye al aumentar la temperatura, salinidad y la presión atmosférica (Pinto y Quipuzco, 2015).

2.1.5.6 Sólidos Totales (ST)

Se trata de la materia sólida que es el resultado de la suma de sólidos disueltos y sólidos en suspensión obtenidos mediante la muestra recolectada y analizada en el laboratorio a partir de un proceso de evaporación y secado a una temperatura determinada que oscila entre 103 – 105 C° (Igbinosa y Okoh, 2009).

2.1.5.7 Sólidos Totales Disueltos (STD)

Cantidad total de los sólidos disueltos y coloidales, producidos de las diferentes actividades donde los sólidos son filtrables como en suspensión principalmente en sales minerales. Es decir, la presencia de los STD al no ser fácilmente detectables pasa por un proceso de evaporación obteniendo como resultado sales residuales en el medio que contiene el líquido (Zhidong et al., 2009).

2.1.6 Características químicas

2.1.6.1 Materia orgánica

Está compuesta de un 90% de contaminantes biodegradables como carbohidratos (25% - 50%), proteínas (40 - 60%), grasas, aceites y urea (10%) generados de desechos fecales u orina de los seres humanos, residuos de alimentos o limpieza; que al combinarse con microorganismos naturales (presentes en el agua) y una temperatura adecuada tiende a transformar los compuestos contaminantes del ARD en compuestos simples (Amaral, Kato, Florêncio y Gavazza, 2014).

2.1.6.2 Demanda Biológica o Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se determina para verificar la cantidad existente de oxígeno (mg/l) permitiendo la rápida oxidación de la materia orgánica biodegradable, obtenidos del arrastre de las aguas residuales aportando a la eliminación total de los residuos en un lapso de cinco días en donde desintegra el 70% de las sustancias biodegradables (Penn, Pauer y Mihelcic, 2009).

2.1.6.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Estimación de materias oxidables presentes en el agua ya sea orgánico o mineral, el DQO, es la cantidad de oxígeno que indica la capacidad de oxidación de los desechos orgánicos acumulados en el agua ante el uso de soluciones químicas oxidantes para convertirse en dióxido de carbono y agua expresado en (mg/l); cabe resaltar que ha mayor cantidad de DQO mayor el grado de contaminación del AR (Romero, Colín, Sánchez y Ortiz, 2009).

2.1.6.4 Potencial de Hidrógeno (pH)

La medida y concentración del pH es una propiedad básica de calidad tanto de las aguas AR (Aguas Residuales) como AN (Aguas naturales), que se desarrolla a partir

de un intervalo estricto de 5 – 9 generando un aspecto significativo sobre las especies; sin embargo, un efluente con valores de pH adverso altera las composiciones de la vida biológica de la fuente natural, que al no ser controlada o regulada puede afectar a las reacciones químicas y biológicas (Bueno, Torres y Delgado, 2014).

2.1.6.5 Nitrógeno Amoniacal

Se produce por descomposición de la urea presente usualmente en las aguas residuales por hidrólisis enzimática (proceso rápido) presente en AR que no sean muy recientes. El amoniaco, al estar equilibrado con el amonio en función del pH determina que al ser este superior a 7 el equilibrio se desplaza a la izquierda, pero si son niveles de pH menores a 7 el nitrógeno amoniacal es predominante (González, León, y García ,2008).

2.1.6.6 Sulfuro

Son comunes en ARD ya sea en forma suspendida o disuelta, se pueden encontrar sulfuros en forma insolubles o disuelta el ácido; sin embargo, en condiciones normales el agua es soluble en concentraciones de 300 - 400 mg/l acumula un exceso de sulfuro en aguas residuales domésticas incrementando la demanda de cloro para contrarrestar los malos olores provenientes de las PTARs domésticas (Hao, Xiang, Mackey, Chi, Lu, Chui y Chen, 2014).

2.1.6.7 Sulfato

Es la forma oxidada estable del azufre de manera soluble. El análisis de los sulfatos en el proceso de depuración del sistema de tratamiento, aporta oxígeno a las bacterias en sistemas anaerobios transformándose en sulfuro de hidrógeno y representa una variable muy indispensable para evidenciar los problemas con respecto a los malos olores y corrosión de las alcantarillas (Gallardo y Veintimilla, 2015).

2.1.6.8 Fósforo

Es importante para el crecimiento de los organismos o algas; se lo encuentra en ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fósforo es el responsable del proceso de eutrofización, se mide a través de métodos espectrofotométricos, que al no cumplir con un óptimo proceso resulta perjudicial para los distintos cuerpos de agua (Coma, Verawaty, Pijuan, Yuan y Bond, 2012).

2.1.7 Características microbiológicas

2.1.7.1 Coliformes totales

Son un grupo de microorganismos que se encuentran en el agua, suelo o plantas. También se define como bacterias aerobias/anaerobias facultativas; en otras palabras, son heces fecales que se encuentran en el intestino de los seres humanos y animales; su elevada cantidad en los valores de los muestreos se debe al recrecimiento de las bacterias en las conducciones al ser difícil de distinguir el tipo de coliformes (Badr, Holail y Olama, 2014).

2.1.7.2 Coliformes fecales (*Escherichia coli*)

Son termotolerantes ya que soportan temperaturas elevadas. Este parámetro es el encargado de degradar a la materia orgánica en los diferentes métodos depurativos. No representan ninguna amenaza de gravedad para el ser humano; la *Escherichia coli* (*E. Coli*) a pesar de ser la más común se encuentra en un 90% en las excretas humanas (Badr et al., 2014).

2.1.8 Uso de Bioactivadores como depuradores de AR

Los bioactivadores son microorganismos eficientes que al combinarse aportan beneficios al medio ambiente mitigando las diferentes problemáticas presentes en los recursos naturales (Delfiyana, Umar y Ginting, 2018). Por tal razón, los

bioactivadores son implementados como una tecnología alternativa para ayudar al rápido y eficiente proceso de desintegración de la materia orgánica, mitigando el desarrollo de externalidades ambientales negativas como malos olores o emanación de gases (Sumiyati, 2017).

Dentro de los bioactivadores más implementados está un producto comercial denominado MC (B1) compuesto por enzimas microbianas que estimula la digestión de fermentos, toxinas, celulosa, proteínas, almidones, grasas y solubilidad de algunas moléculas químicas contaminantes, éste se obtiene de manera líquida mezclándolo con agua (ORIUS BIOTECH, 2017); y AC- AQA (B2), producto compuesto por una variedad de microorganismos vivos como son bacterias lácticas, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Aspergillus oryzae*, levaduras (*Sacharomyces cerevisiae*) y hongos descomponedores, que al combinarse desplazan a los patógenos y degradan la materia orgánica. El producto se obtiene de manera sólida (Megaentorno, 2017).

2.1.9 Microorganismos eficientes

Según Romero y Vargas (2017), son microorganismos naturales fisiológicamente compatibles, cuya combinación ayuda a la desintegración de la materia orgánica presente en las aguas residuales como por ejemplo bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación mitigando la contaminación ambiental.

2.1.10 Caudal (Q)

Se lo denomina como el volumen de agua que fluye de manera transversal o de caída de una tubería, río u otro canal en un tiempo determinado para verificar la cantidad de agua en una corriente; expresados en L/s, L/m o L/h (dependiendo del tipo de investigación a realizarse). En este caso el caudal se tomó del afluente que ingresa a plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, como del efluente que es la descarga al cuerpo de agua (Ramón, 2010).

2.1.11 Afluente

Es la corriente de agua con altos niveles de contaminación, obtenidos mediante el desarrollo de las diferentes actividades económicas, domésticas o industriales que se transporta por el alcantarillado e ingresa a las plantas de tratamiento de aguas residuales, dando paso al inicio del proceso de tratamiento previo a la descarga a la fuente natural. (Valencia, Aragón y Romero, 2012).

2.1.12 Efluente

Son las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos generadas por las viviendas o industrias, evacuadas directamente a los cursos de agua o por el alcantarillado; su composición depende del tipo de efluente que los genere, sus desechos pueden ser de naturaleza química o biológica. Existen una variedad de clases de efluentes emitidos a altas temperaturas constituyendo este factor un elemento más de contaminación (Valencia et al. 2012).

2.1.13 Malos olores y sabores

Son el resultado de diversos desechos (sólidos y líquidos) que al combinarse se transforman en materia orgánica desprendiendo gases, olores y sabores al descomponerse dando paso a la proliferación de microorganismos, mohos, hongos, disminución de sulfuros y sulfatos. Los malos olores se generan en plantas de tratamiento anaerobias, comunes en zonas rurales o urbanas (Beghi, Santos, Reis, Goulart y de Abreu Costa, 2012).

2.2 Marco legal

En el presente marco legal se detallarán las normas jurídicas pertinentes que tienen relación con el estudio, tomando en cuenta a la Constitución de la República como referente en la legislación del país, el Código Orgánico Ambiental (COA), Acuerdo Ministerial 061, Acuerdo Ministerial 097A y el Plan Nacional de Desarrollo.

Constitución de la República del Ecuador 2018

De acuerdo a los Artículos 12, 14, 30 y 32 de la Constitución de la República del Ecuador determina el derecho del ser humano al agua de calidad para vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Sumak Kawsay) al ser patrimonio nacional estratégico de uso público, garantizando la sostenibilidad, recuperación de los ecosistemas naturales degradados.

De igual manera en los Artículos 71, 72, 74 y 276 reiteran el derecho de la naturaleza a un adecuado mantenimiento, regeneración de sus ciclos vitales y recursos naturales (agua, aire y suelo), estructura, funciones, procesos evolutivos y que en caso de un problema ambiental causado por terceros ya sea el Estado, personas naturales o jurídicas tendrán la obligación de indemnizar a los individuos y colectivos (personas, comunidades, pueblos y nacionalidades) que dependan de los sistemas naturales afectados.

Además de los Artículos 97, 411 y 415 respaldan el compromiso que tiene el Estado para la recuperación y conservación del recurso hídrico a través de las intervenciones de organizaciones y entidades públicas (GADs) competentes, sin perjudicar a las fuentes receptoras, suelos o la vida silvestre mediante el desarrollo de programas de uso racional del agua, reducción del reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

Código Orgánico Ambiental

En base al artículo 191 la Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto; además de promover información sobre la contaminación a los cuerpos hídricos, con el fin de dar a conocer sus causas y efectos.

Artículo 208 el operador será el responsable del monitoreo de emisiones, descargas y vertidos, con el fin de que cumplan con el parámetro en base a la normativa ambiental vigente.

Por ende, en los artículos 164 y 196 define que la prevención, control, seguimiento y reparación integral es primordial para el tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, donde la planificación nacional, local y seccional, incluirán obligatoriamente planes, programas o proyectos que prioricen para la reparación integral del daño ambiental, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y las políticas expedidas por la Autoridad Ambiental Nacional de manera coordinada con los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Además, en los Artículos 463 y 468 se determina la importancia de la inclusión ciudadana previo al desarrollo de un proyecto, a través de conocimiento de los posibles impactos socio ambientales a generarse y de la misma manera receptar opiniones y sugerencias de los pobladores que se ubiquen cerca del área de influencia; permitiendo trabajar con las unidades político-territoriales.

Tratado Unificado de Legislación Ambiental TULSMA (Acuerdo Ministerial 061)

Determina los límites de presencia de uno o varios contaminantes, que puedan existir en el ambiente en mínimas o máximas concentraciones, al igual que el tiempo de permanencia en el ecosistema permitiendo un posible tratamiento ante la posible existencia de conflictos ambientales negativos para el ser humano y al ambiente.

Tratado Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (Acuerdo Ministerial 097A)

En base al Acuerdo ministerial 097 se determina la norma de calidad ambiental mediante los límites permisibles de descarga del efluente al cuerpo receptor de agua

dulce marino o al sistema de alcantarillado, enfocándose en los principios básicos para el control de la contaminación del agua mediante la evaluación de los parámetros físico-químicos y biológicos; teniendo como fin, la protección de la calidad del recurso hídrico, aportando la mejor calidad de vida y un equilibrio en los ecosistemas.

Para finalización de las normativas vigentes se debe tomar en cuenta el:

Plan Nacional de desarrollo 2017- 2021

A través del Plan Nacional de Desarrollo, se da a conocer la importancia de garantizar la vida digna y los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, en donde será necesario utilizar de manera sustentable los recursos naturales. Así, lo establece en los Objetivos Nacionales de Desarrollo (Eje 1); objetivo 3 donde se garantiza los derechos de la naturaleza a través del diálogo promoviendo una diplomacia verde mediante la protección y el cuidado de las reservas naturales y ecosistemas frágiles o amenazados; además de limitar actividades perjudiciales para fuentes de agua, precautelando la vida en todas sus formas. Además, se debe enfatizar las Intervenciones **Emblemáticas para este eje** el cual detalla la importancia del recurso hídrico basándose del **numeral 5: Agua segura para todos** que determina el derecho del ser humano al agua mediante el manejo y aprovechamiento integral de este recurso.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura en las parroquias Doctor Miguel Egas Cabeza comunidad El “Obraje” con coordenadas UTM X:0809666; Y:10021347:17S limitada con las Parroquias Rurales de San Juan de Ilumán, el Jordán por la división del Río Jatunyacu y en la parroquia San Rafael comunidad “Cachiviro” con coordenadas UTM X:0809745; Y:10021478:17S; limitada con el Lago San Pablo y la Cabecera cantonal Otavalo (Figura 1) (GAD Otavalo, 2012).



Figura 1. Mapa de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón Otavalo

El área de estudio, está ubicado en los 2656 m.s.n.m., presenta una temperatura mínima de 4 C° y máxima de 14.4 C°, por ende, su tipo de clima es mesotérmico y frío al estar entre los rangos menores de 12 C° y mayores a 12 C° (Porrou,1995).

Las principales actividades económicas que realizan son la agricultura a partir de la siembra de maíz, papas, fréjol, fresas y la manufactura en lo que respecta al tinturado de lana, crianza de animales y actividades turísticas, entre otras. (GAD Otavalo, 2012).

3.2 Metodología

En esta sección se describe la metodología utilizada para verificar la eficiencia de los bioactivadores como depuradores en plantas de tratamiento de aguas residuales. La metodología se divide en 3 fases de acuerdo a cada uno de los objetivos:

3.2.1 Fase I: Determinación el estado actual de los sistemas depurativos del agua residual de las plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”

3.2.1.1 Estado de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”

Para la determinación del estado de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro” se realizó fichas ambientales básicas (Anexo 1) para detallar las condiciones de la fase inicial previo a la dosificación de los bioactivadores B1 (El Obraje) y B2 (Cachiviro); para ello se realizó salidas de campo y muestreos de entrada y salida de cada PTAR, permitiendo una detallada descripción de cada fase de tratamiento. Las actividades se realizaron con la ayuda del personal técnico y operativo de la Empresa EMAPAO-EP.

3.2.1.2 Medición del caudal de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”

A través, de información existente y salidas de campo (aforo volumétrico) se obtuvo los valores del caudal de los meses de enero, febrero, marzo y abril previo a la

implementación de los bioactivadores, utilizando el método de aforo volumétrico en horarios de 07H00 a 18H30 con intervalos de 30 minutos, en el ingreso (cárcamo) de cada PTAR en el período estacional denominado como fin de semana (esto quiere decir un día por mes los días sábados).

3.2.1.3 Aforo volumétrico

Se realizó de forma manual, utilizando un recipiente de 20 litros de agua interponiéndolo bajo la corriente, además se usó un cronómetro (tiempo de la caída del agua en segundos/minutos) y una libreta para la toma de datos recolectados (Figura 2) (Torres, 2018).

Fórmula de medición del caudal $Q = V/T$ (1)

Dónde: Q = caudal en litros por segundo

V = volumen en litros

T = tiempo en segundos



Figura 2. Métodos de aforo volumétrico: a) Lugar de aforo, b) Limpieza de rejilla, c) Recolección del afluente, d) Tiempo de aforo (5s)

Macchiavello (2013), propone que el aforo se realice en los diferentes tipos de clima (sol o lluvia) o en días con mayor actividad del uso del recurso hídrico; en este caso, se realizó en fin de semana (sábado) al generar mayor cantidad de agua residual que posteriormente ingresaran a las PTARs. Al haber información existente sobre aforos realizados por el personal técnico de la EMAPAO-EP, se realizó un solo aforo al mes.

3.2.1.4 Determinación del caudal medio previo a la implementación de los Bioactivadores

La medición del caudal de ingreso a las plantas de tratamiento de aguas residuales “El Obraje” y “Cachiviro”, se desarrolló en un periodo estacional “fin de semana” (sábados) al existir mayor actividad doméstica y económica.

La curva diaria de caudal se podría describir como una función continua, donde el caudal medio se determina a partir de

$$QM = \frac{\int_0^t q(t)dt}{t-0} \quad (2)$$

Donde QM = caudal medio, en l/minuto
 q (t) = caudal en función del tiempo, en l/minuto
 t = tiempo de prueba, en minutos

3.2.1.5 Medición de lodos

La medición de lodos se realizó en base a la cantidad de lodos presentes en los sedimentadores; este parámetro es esencial para verificar la capacidad depurativa del sistema de tratamiento a través de la activación de bacterias desintegradoras de materia orgánica; cabe denotar, que debe existir una capa 20% de lodos a razón de que mientras menos cantidad materia existan el proceso depurativo tendrá una mayor efectividad. La medición de lodos se realizó con una vara de 3m envuelta de algodón para posteriormente insertarla en el sedimentador de 5 a 10 minutos y

finalmente retiramos la vara y constatamos la cantidad de lodos marcado en el algodón (Velasco, 2017)

Fórmula de medición del caudal $L = (100\% * CDM) / h$ (4)

Donde: L = lodos

CDM = cantidad de lodos marcado

h = altura del sedimentador

3.2.1.6 Tiempo de Retención Hidráulica

Este parámetro se realizó con la finalidad de verificar el tiempo de retención hidráulica del agua residual, en las diferentes etapas del sistema de tratamiento y controlar los debidos procesos depurativos (Da Cámara, Hernández, Paz y Gómez, 2014).

Fórmula de medición: $TRH = V/Q$ (5)

Donde: TRH = tiempo de retención hidráulica

V = volumen del sistema del reactor

Q = caudal de agua que ingresa la PTAR

3.2.1.7 Medición de percepción de olores

Según la norma UNE- EN 13725:2004 el método olfatometría, es esencial para la medición de olores de una determinada instalación (PTARs). No obstante, ante su elevado costo, Sáenz et al., (2016) propuso el desarrollo de un banco de preguntas (Anexo 6) al ser una alternativa económica para evaluar la percepción de malos olores, definiendo un radio de influencia (250m) en relación a la ubicación del estudio que en este caso fue de cada PTAR, para esto se utilizó el programa ArcGIS versión 10.4 utilizando la herramienta buffer y Google EARTH facilitando la cantidad de hogares que se encuentran alrededor de cada PTAR.

3.2.1.8 Implementación del bioactivadores B1 (El Obraje) y B2 (Cachiviro)

La dosificación fue definida mediante cada proveedor de cada producto en base a la medición de caudal (Q), aforo volumétrico y del volumen (V) de los sedimentadores (Anexo 7). Una vez finalizado la fase campo se determinó un total de 3 diferentes etapas por cada bioactivador las mismas que se detallan a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Etapas de dosificación del B1 y B2

	Dosificación B1	Dosificación B2
Etapas 1 (Mes 1)	Se aplicó 500 ml un día por semana (lunes).	Se aplicó 18 kg de producto un día a la semana (lunes).
Etapas 2 (Mes 2)	Se aplicó 500 ml dos veces a la semana (lunes y viernes).	Se aplicó 6kg distribuidos un día por semana (lunes).
Etapas 3 (Mes 3)	Se aplicó 250 ml dos veces a la semana (lunes y viernes).	Se aplicó 6kg un día a la semana (lunes).

Fuente: (ORIUS BIOTECH y Megaentorno, 2017).

3.2.1.9 Método de recolección de muestras

El muestreo se basó en la recolección de una porción representativa del material original (agua residual) tanto del afluente como del efluente, tomando en cuenta las herramientas, equipo y fases de seguridad industrial para una adecuada manipulación de las muestras recolectadas, evitando cambios o alteraciones significativas hasta su análisis. Es así que, para el análisis del AR se recolectó un litro de volumen de acuerdo a los requisitos de almacenamiento, manejo y preservación.

- **Muestra simple**

Se realizó el muestreo en un sitio específico en un lapso de tiempo corto (minutos o segundos); permitiendo definir las características del afluente como del efluente durante las dosificaciones de los bioactivadores, facilitando la evaluación del sistema de tratamiento. Cabe señalar que el muestreo simple indica la composición del agua en el instante de recolección de la muestra (Ferree y Shannon, 2001).

- **Plan de muestreo**

El Plan de muestreo consta de la técnica y selección de puntos para la toma de muestras; se tuvo en cuenta el tipo de estudio que se realizaría y la información detallada de las fases de los sistemas de tratamiento de las PTARs (Tabla 5). Los muestreos se realizaron cada fin de mes en los puntos de entrada y salida de cada PTARs. A continuación, se detalla la planificación del muestreo simple:

- **Planificación y especificación de puntos de muestreos**

Los muestreos se realizaron con la ayuda del personal técnico del laboratorio de EMAPAO – EP, de forma rutinaria en base a un cronograma para no interferir en sus actividades diarias. Según Barreto (2010), la selección de los puntos de muestreo se basó en cuatro criterios: identificación, accesibilidad, representatividad y seguridad; adicional se anotó la ubicación en coordenadas UTM, según el sistema de posición global (GPS); además, se identificó un cauce regular y accesible para la recolección de muestras sin implicar un riesgo al técnico recolector y salvaguardar su seguridad (Tabla 4).

Tabla 4. Detalle de plan y frecuencias de muestreos simple (ingreso) del afluente (salida) efluente

PTARs	Ubicación de la muestra	Coordenada de muestreo	Referencia de la muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Total, de muestras
El Obraje	Ingreso de afluente	X: 0809666	C01M01P1 - C04M01P1	27/2/2017	09h00 am	4
				27/3/2017	09h06 am	
		Y: 10021347		24/4/2017	09h08 am	
				22/5/2017	09h00 am	
	Salida del efluente	X:0809759	C01M01P1 - C04M0P1	27/2/2017	09h05 am	4
				27/3/2017	09h10am	
		Y:10021456		24/4/2017	09h15 am	
				22/5/2017	09h06 am	
Cachiviro	Entrada del afluente	X:0809745	C01M01P2 - C04M01P2	22/7/2019	09h10 am	4
				21/8/2019	09h08 am	
		Y:10021478		16/9/2019	09h02 am	
				14/10/2019	09h13 am	
	Salida del efluente	X:08095847	C01M01P2 - C04M01P2	22/7/2019	09h15 am	4
				21/8/2019	09h12 am	
		Y:10022512		16/9/2019	09h10 am	
				14/10/2019	09h20 am	

Se recolectó muestras de la entrada y salida de cada PTAR ya que al existir un sistema de tratamiento de ARD, fue indispensable evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento a partir de la aplicación de los bioactivadores (Barreto, 2010); para una mejor comprensión se agregó el diseño de las PTARs (Figura 3).

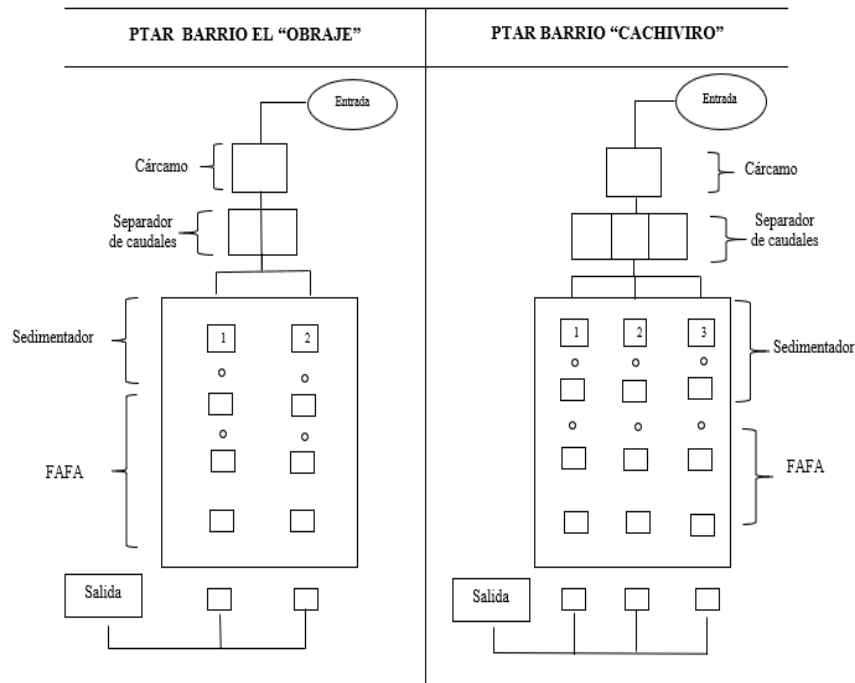


Figura 3. Diseño de infraestructuras de plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”

También se tomó en cuenta criterios para el análisis de los diferentes parámetros a partir de la toma de muestras de AR: indicadores biológicos, indicadores orgánicos y parámetros físico-químicos. Los criterios dependerán del objetivo general de la investigación a fin de preservar la representatividad de la muestra previo a su análisis (Velasco, 2017).

Para el adecuado proceso de recolección de AR se tomó en cuenta las medidas de seguridad del personal encargado del muestreo y de la manipulación de la muestra recolectada (Delgadillo et al, 2010), en base a normas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) como lo establece en el literal 3.14 referente al manejo y conservación y en el literal 3.14.3 que trata a cerca de la preparación de recipientes.

3.2.1.10 Evaluación de los niveles de depuración físico-químicos y microbiológicos ante la implementación de B1 y B2 en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El análisis de los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos se realizaron en la entrada y salida de cada PTAR; no obstante, el análisis de los muestreos se realizó de manera ex situ (Laboratorio EMAPAO-EP) tanto del B1 “El Obraje” y B2 “Cachiviro” (Tabla 5). Los resultados obtenidos facilitaron la verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP).

Tabla 5. Metodología de parámetros físico-químicos y microbiológicos

Nº	Parámetro	Unidades	Metodología
PARÁMETROS FÍSICOS			
1	Conductividad	µS/cm	Standard Methods 2510 B
2	Color real	Pt-Co	Standard Methods 2120 C
3	Potencial de hidrógeno	Unidades	Standard Methods 4500 H-B
4	Sólidos Totales	mg/l	Standard Methods 2540 B
5	Sólidos Totales Disueltos	mg/l	Standard Methods 2540 C
6	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	Standard Methods 2540 D
7	Temperatura	C°	
8	Turbiedad	NTU	Standard Methods 2130 B
PARÁMETROS QUÍMICOS			
1	Fósforo	mg/l	HACH 8048
12	Hierro	mg/l	HACH 8008
13	Manganeso	mg/l	HACH 8149
14	Nitrógeno Amoniacal	mg/l	HACH 8038
15	Oxígeno Disuelto	mg/l	Standard Methods 4500 O-G
16	Sulfato	mg/l	HACH 8051
17	Sulfuros	mg/l	HACH 8131
18	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	HACH 8000
19	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	Standard Methods 5210 B
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			
20	Coliformes totales	N.M.P/100 ml	
21	E. Coli	N.M.P/100 ml	Standard Methods 9223 B

No obstante, una vez finalizado la fase de campo se realizó:

3.2.2 Fase II: Evaluación de la eficiencia depurativa, mediante la aplicación de bioactivadores.

3.2.2.1 Análisis de datos estadísticos

En lo que se refiere al desglose de información para comparar la eficiencia de los bioactivadores en las PTARs fue necesario, los resultados de los análisis mensuales (6 meses) del B1 y B2 que posteriormente fueron ordenados en diferentes tablas los valores físicos-químicos y microbiológicos obtenidos para interpretarlos en gráficos estadísticos:

3.2.2.2 Análisis de remoción de carga contaminante del sistema depurativo de las PTARs

La remoción de carga contaminante se realizó tomando en cuenta la disminución porcentual de 21 parámetros físico-químicos y microbiológicos, durante las dosificaciones del B1 y B2. De esta manera, se evaluó el desempeño en base a la capacidad de remoción de carga contaminante en cada sistema de tratamiento (sedimentador, filtro de flujo ascendente). Es decir, cada parámetro fue evaluado para determinar el grado de eficiencia de las PTARs mediante el resultado de la calidad de agua tratada (Lorenzo, Ocaña, García y Venta, 2010):

$$\% \text{ Remoción} = [(C \text{ afluente} - C \text{ efluente}) / C \text{ afluente}] \times 100 \quad (6)$$

3.2.2.2 La prueba de Clúster

Se realizó la agrupación de cada variable (parámetros físicos, químicos y microbiológicos) utilizando los valores netos (máximos y mínimos) obtenidos durante los muestreos realizados a partir de las aplicaciones del B1 (El Obraje) y B2 (Cachiviro); por último, se ingresó los datos en el programa Paleontological

Statistics Versión 3.25 (Chávez, Velázquez, Pimentel, Venegas, Montañez y Vázquez, 2011).

3.2.3 Fase III: Desarrollo del manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento con enfoque al uso de bioactivadores.

El manual se basó en información bibliográfica relacionada con la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento anaerobias, las etapas a desarrollar previos a la implementación de alternativas amigables con el ambiente que en este caso serían los bioactivadores; además de requerimientos de las PTARs en caso de que su infraestructura presente daños o alteraciones. Adicionalmente el manual se enfocará en detallar los siguientes puntos:

- ✓ Detalle del Sistema de depurativo de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (Rurales) anaerobias
- ✓ Evaluación del estado de la PTAR
- ✓ Evaluación de percepción de olores en PTARs anaerobias
 - Sustancias generadoras de malos olores en PTARs
 - Causas frecuentes de la generación de malos olores en las PTARs
 - Caracterización de los olores ofensivos
 - Control de olores ofensivos
- ✓ Actividades para un adecuado proceso depurativo y minimización de malos olores
 - Mantenimiento general de PTARs
 - Control y mantenimiento de olores en cámaras sépticas
 - Mantenimiento de la fase de pre tratamiento de las PTARs
- ✓ Soluciones a daños estructurales de las unidades del sistema depurativo para mitigar o evitar la existencia de externalidades ambientales negativas (malos olores)
- ✓ Medidas para mitigar los olores
- ✓ Técnicas de prevención para el operador y obrero
- ✓ Actividades auxiliares para prevención de la generación de malos olores

3.3 Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados para el proceso de investigación (Tabla 6).

Tabla 6. Materiales y Equipos

Material de campo	Material de oficina
- Guantes	- Instrumentos para análisis del laboratorio
- Mascarilla	- Flash Memory
- Mandil	- Computadora portátil
- Botas	- Impresora HP DESKTOP JP25
- Bioactivadores (B1Y B2).	- Transporte
- Tijera	- Programa Past
- Contenedor de agua	- ArcGis Versión 10.4
- Probeta de 500 ml.	- SPSS Statistics versión 25
- Frascos plásticos.	
- Navegador GPS (Global Position System)	
- Cámara fotográfica	
- Libreta de campo	
- Vara de 3m	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallaron los resultados alcanzados para cada uno de los objetivos específicos planteados. De igual manera, se realizó la discusión de los resultados en base a investigaciones o estudios similares la investigación, con el fin de comparar la importancia de la implementación de los bioactivadores.

4.1 Fase I: Determinación del estado actual de los sistemas de tratamiento de agua residual de las plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”

A partir de las diferentes actividades realizadas se obtuvo datos esenciales para verificar el estado de las PTARs y el proceso a seguir para su evaluación y mitigación de problemáticas existentes como la percepción de malos olores, material flotante, de filtros y tapas rotas u oxidadas y falta de limpieza continua en las rejillas de ingreso (Tabla 7). Además, se tomó en cuenta las normas de operación y seguridad tanto del técnico como de los operadores que ingresan a las PTARs.

Tabla 7. Detalle sobre el mantenimiento realizado durante las aplicaciones de los bioactivadores mediante las salidas de campo y el desarrollo de la ficha ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en el cantón Otavalo “El Obraje” (2017) y “Cachiviro” (2019)

Detalle	Descripción	
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:		
	“El Obraje”	“Cachiviro”
Captación	El AR que ingresa a la PTAR pertenece a la zona de Peguche, recolectada a través de la conexión de red pública de alcantarillado. Sin embargo, solo el 55% es tratada y el 45% evacuadas en pozo séptico, pozo ciego, descarga directa al río, y letrinas.	De igual manera, el AR que ingresa a la PTAR pertenece a la zona de Cachiviro, recolectada a través de la conexión de red pública de alcantarillado donde un 60% es tratada y 40% son evacuadas mediante pozo sépticos, pozo ciego, descarga directa al río, y quebradas.
Cárcamo	Presencia de material sólido en las rejillas de ingreso del agua residual a la PTAR, impidiendo el libre acceso de la misma. Se realizó: La limpieza quincenal de la rejilla del cárcamo ayudó al libre ingreso del AR (afluente) hacia las cajas separadoras de caudal.	
Percepción de malos olores	Se identificó: Malos olores y presencia de mosquitos. Se realizaron encuestas a los pobladores para verificar la percepción de olores de las mismas.	
Manejo de lodos	Presencia mínima de materia flotante en los sedimentadores (Aplicación del B1)	Presencia de materia flotante en los sedimentadores (Aplicación del B2)
Sección de sedimentadores y Filtros anaerobios de flujos ascendentes	El estado actual en el que se encuentran las PTARs no permite una óptima depuración de las AR ante la lenta disminución de materia orgánica; además del taponamiento de los filtros anaerobios de flujos ascendentes generando así malos olores y presencia de moscos. Se realizó la aplicación del B1 y B2	
Descarga final – cajas receptoras del efluente	Se desplazó con normalidad antes y durante las dosificaciones del B1	Se desplazó con normalidad antes y durante las dosificaciones del B2; sin embargo, fue necesario limpiar la salida de la PTAR ya que al crecer la totora el agua saliente se estancaba.

Las plantas de tratamiento del área rural del cantón Otavalo consisten en un sistema de tratamiento anaeróbico construido de concreto. El proceso de cada planta de tratamiento inician cuando el agua residual se transporta por el alcantarillado hasta las PTARs, ingresando a través de la cámara con rejilla hasta el cárcamo, después se ubican en los tanques separadores de caudal que a través de un proceso de bombeo se dirige a las diferentes cajas de los sedimentadores y los filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), en esta etapa se genera el proceso de activación de las bacterias desintegradoras de materia orgánica; finalmente se dirige por los tanques de clarificación hasta los tanques receptores del agua tratada.

4.1.1 Cámara de entrada con rejillas

Evita el ingreso de los sólidos a la zona de tratamiento primario y constan de un compartimiento con rejilla de acero en posición vertical ubicada al ingreso y en el cárcamo de cada PTAR; las varillas impiden la acumulación de basura y sólidos de mayor tamaño.

4.1.2 Tanques de distribución de caudal

Distribuye el agua residual de manera uniforme al sistema de bombeo mediante tubos PVC, hasta los tanques sedimentadores anaerobios, cuenta con bombas sumergidas en dirección a la cámara séptica.

4.1.3 Tanques sedimentadores

Se dividen en, etapa primaria, secundaria y proceso de clarificación; de manera simultánea dividiéndose por paredes de concreto estructural. Los sedimentadores en la PTAR “El Obraje” constan de dos compartimientos; estos se encuentran en buen estado a diferencia de “Cachiviro” la cual consta de tres compartimientos en donde se observó el desgaste de las tapas.

4.1.4 Filtros anaerobios de flujo ascendente

Está construido con concreto y 2 tubos PVC ubicados de manera lineal en “El Obraje” y 3 tubos PVC en “Cachiviro” los mismos que se encuentran en mal estado (rotos u oxidados). El proceso de digestión en las dos plantas se localiza en la parte inferior ya que es donde se ubican los lodos.

4.1.5 Tanques de clarificación

La clarificación del agua residual estaba compuesta de grava y arena, también constan con tapas ubicadas en la parte superficial para su fácil acceso y revisión; en cuanto a las visitas realizadas a las PTARs, no se evidenció daños estructurales en “El Obraje”, no obstante, en “Cachiviro” se observó desgaste de las tapas.

4.1.6 Tanques receptores de agua tratada

Están construidas con concreto, miden $1 \times 1 \text{ m}^2$ transporta el agua tratada mediante tubos PVC al cuerpo de agua natural. En “El Obraje” no hubo ningún daño o desgaste estructural. Por otra parte, en “Cachiviro” una de las tapas de concreto se encuentra en mal estado.

4.1.7 Salida del efluente al cuerpo de agua natural

Una vez finalizado la etapa del efluente se dirige por la tubería PVC a través de una sección de concreto por un orificio en la parte central baja, permitiendo un libre flujo del efluente a los cuerpos de agua natural que en este caso fueron el Río Jatunyacu “El Obraje” y el Lago San Pablo “Cachiviro”.

Por último, se obtuvieron los resultados de los muestreos realizados tanto de entrada y salida para verificar el estado de cada PTAR (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado de análisis del afluente, “El Obraje” y “Cachiviro” realizados previamente a la implementación de cada bioactivador en cada PTAR

Parámetro	LMP	“EL OBRAJE”			“CACHIVIRO”		
		Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento
Conductividad	No indica	821	768	No aplica	880	917	No aplica
Color Real	**	305	82	No aplica	131	177	No aplica
	Inapreciable en dilución: 1/20						
H	6 – 9	7,62	7,60	Cumple	7,8	7,22	Cumple
Sólidos Totales	1600	968	474	Cumple	1252	532	Cumple
Sólidos Suspendidos	130	474,00	37,04	Cumple		114,4	Cumple
Sólidos Disueltos	No indica	485	430	No aplica	416,3	377	No aplica
Temperatura	condición natural ± 3	16,6	18,80	No aplica	20,1	19,5	No aplica
Turbiedad	No indica	421	32,2	No aplica	692	110	No aplica
Oxígeno Disuelto	No indica	0,27	0,41	No aplica	0,18	0,26	No aplica
Fósforo	10,0	6,10	6,25	Cumple	3,3	4,8	Cumple
Hierro	10,0	0,50	0,20	Cumple	0	0,09	Cumple
Manganeso Total	2,0	0,07	0,060	Cumple	0,278	0,103	Cumple
Nitrógeno Amoniacal	30,0	38,75	33,50	No cumple	32,5	46,5	No cumple
Sulfatos	1000	60,00	40,00	Cumple	36	30	Cumple
Sulfuros	0,5	0,575	0,150	Cumple	0,26	0,98	No cumple
DQO	200	1121	152	Cumple	816	371	No cumple
DBO ₅	100	550	90	Cumple	540	210	No cumple
CT	No indica	57940000	9600000	No cumple	43520000	41060000	No cumple
E. Coli	10000	29090000	7120000	No cumple	26130000	15410000	No cumple

4.1.8 Determinación del caudal medio previo a la implementación de los bioactivadores

Con referencia a los valores obtenidos a través del aforo volumétrico realizado en los meses de enero, febrero, marzo y abril se desarrolló el análisis del caudal medio que ingresa a las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”, (Tabla 9).

Tabla 9. Caudal medio de PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”

Caudal	Periodo estacional							
	El Obraje				Cachiviro			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Medio, l/s	1,98	1,99	1,97	2,0	1,98	1,98	1,98	2,0
Máximo, l/s	2,1	2,1	2,15	2,2	2,1	2,15	2,1	2,25
Mínimo, l/s	1,7	1,9	1,8	1,75	1,7	1,8	1,75	1,75

En base a los aforos realizados en las comunidad “El Obraje” (Tabla 4) y “Cachiviro” (Tabla 5) se determinó que, el caudal medio fue constante en los meses previo a la aplicación de los bioactivadores entre 1,98 l/s y 2 l/s en ambas PTARs; en lo que respecta al caudal máximo fue 2,2 l/s en “El Obraje” y 2,25 l/s en “Cachiviro” a partir de las 07H45 am hasta las 08H45 am. Mientras tanto el caudal mínimo ocurrió entre las 10H30 am y 14H30 pm con picos de 1,70 l/s en el mes de enero y 1,75 l/s en el mes de abril en ambas PTARs. Por lo tanto, el comportamiento del caudal para el efluente a lo largo del día en los meses de enero, febrero, marzo y abril presentó flujos constantes debido al tiempo de retención se mantiene estable.

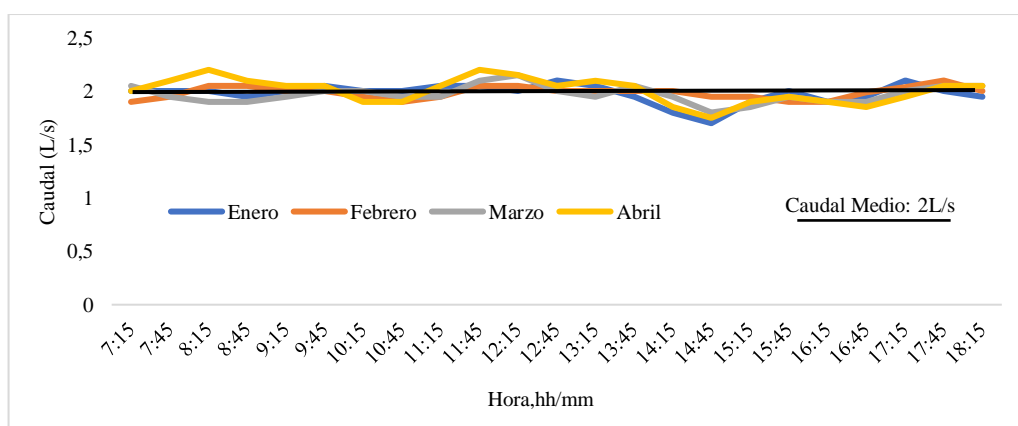


Figura 4. Curva diaria de caudal medio del afluente (L/s) de la PTAR “El Obraje”

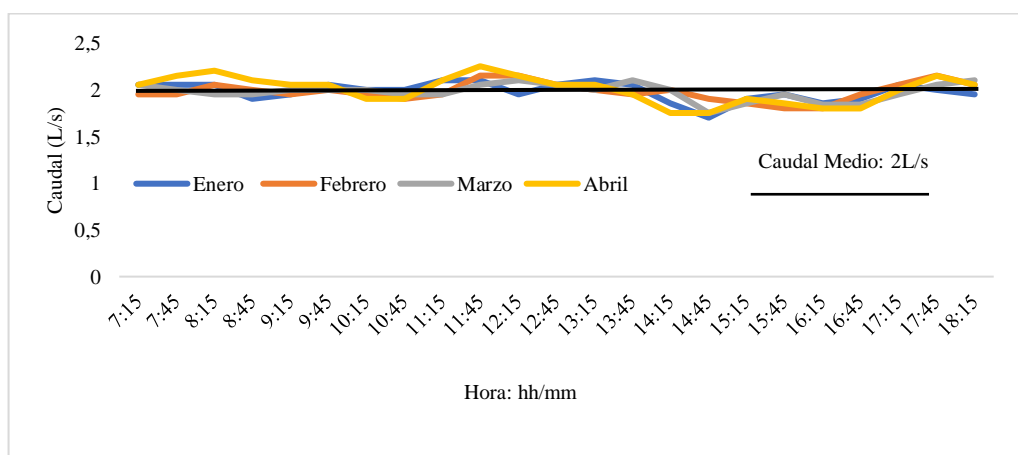


Figura 5. Curva diaria de caudal medio del afluente (L/s) de la PTAR “Cachiviro”

La variación del caudal medio en las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro” fue similar y constante, al ser infraestructuras semejantes tanto en su diseño como en los

procesos digestivos, al contar con una misma cantidad de habitantes en cada comunidad.

4.1.9 Tiempo de retención hidráulica (TRH)

En base al cálculo matemático literal 3.3.11 se obtuvo TRH (Tabla 10) del AR de cada planta de tratamiento; el análisis ayudó a definir la dosificación a realizarse en cada planta “El Obraje” y “Cachiviro”.

Tabla 10. Tiempo de retención hidráulica de los tanques sedimentadores de las PTARs “El Obraje” y “Cachiviro”

Detalle	Resultado	TRH (PTARs)
Volumen	55m ³	1,5 horas
Caudal	2L	

4.1.10 Medición de lodos en los sedimentadores de “El Obraje” y “Cachiviro”

La proliferación de las bacterias fue adecuada al constatar que la cantidad de lodos presente en los sedimentadores no supera el 20% de la cantidad sugerida en los sedimentadores, permitiendo el proceso biológico (desintegración de materia orgánica) durante la etapa de dosificación de los bioactivadores B1 y B2.

4.1.11 Percepción comunitaria de Olores

El desarrollo de la encuesta a los habitantes de las comunidades fue esencial para verificar las ventajas o beneficios que conlleva la construcción de estas infraestructuras en zonas rurales.

4.1.11.1 Definición del área para el desarrollo de encuestas

De acuerdo al área de influencia en la comunidad “El Obraje” fue de un total de 20 hogares y en la comunidad “Cachiviro” un total de 16 hogares (Figura 6) cercanos

a cada PTARs, realizando así un tamaño de muestras de 36 personas. Las encuestas se realizaron al jefe de hogar o adulto (hombre/mujer) presente en cada casa.

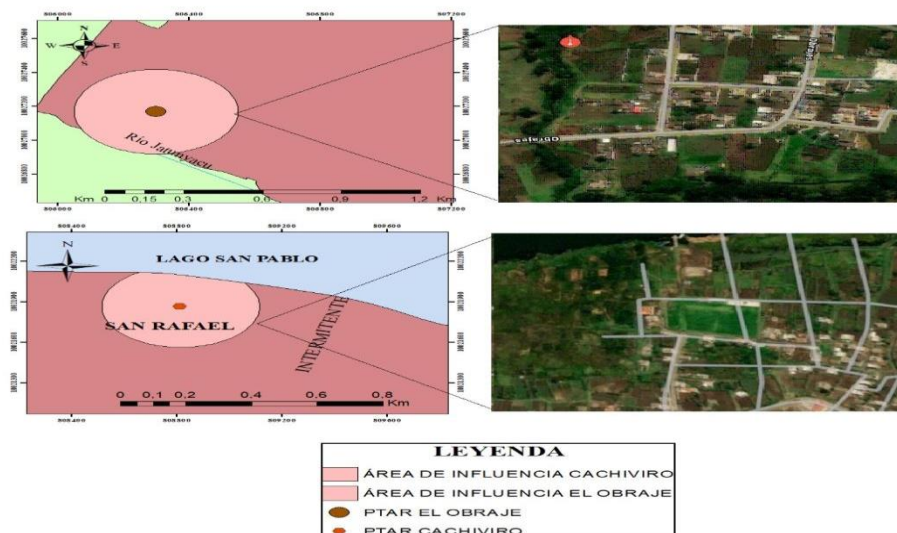
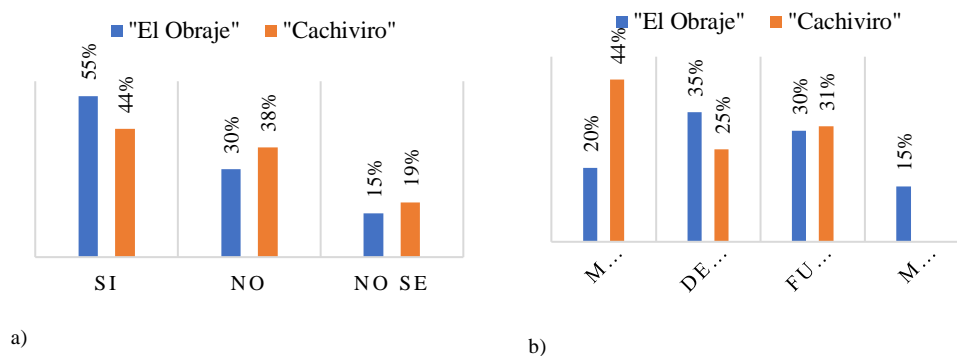


Figura 6. Mapa de área de influencia de las comunidades “El Obraje” y “Cachiviro”

4.1.11.2 Análisis de resultados de encuestas

De acuerdo al mapa del área de influencia (Figura 6) y los datos recolectados mediante el banco de preguntas (Anexo 6), cuyos valores fueron ingresados al programa SPSS Statistics para proceder a su tabulación, se obtuvieron los siguientes datos (Figura 7):



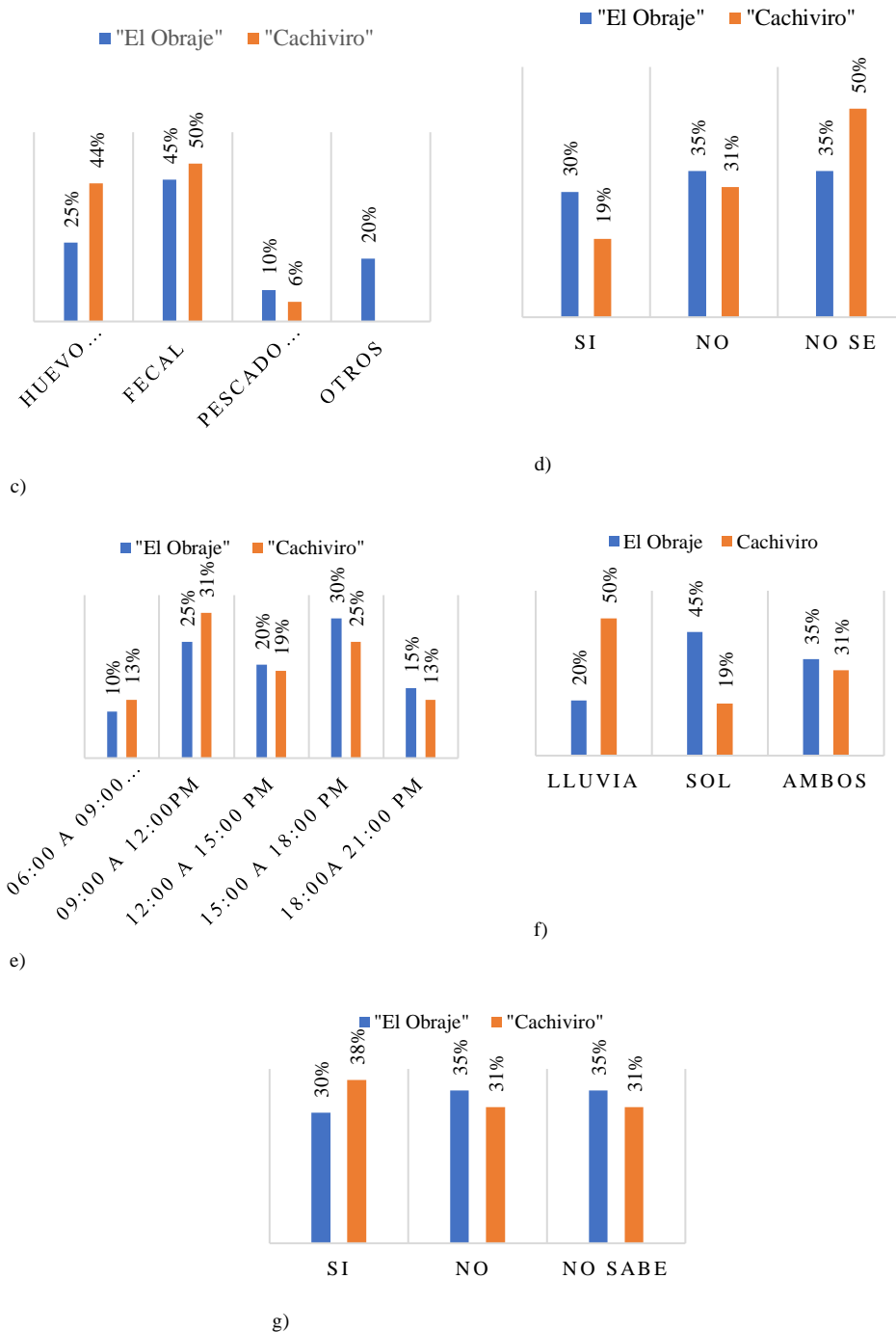


Figura 7. a) percepción de olores, b) intensidad de olores, c) semejanzas olfativas, d) causa de olores, e) hora de percepción de olores, f) intensidad de olores en base al clima, g) verificación de disminución de olores

En la comunidad “El Obrero” el 55% de personas entrevistadas perciben malos olores al estar ubicados a unos pasos de la PTAR; mientras que, un 30%

respondieron que “no” perciben fácilmente los olores al haberse naturalizado con los olores; finalmente un 15% de los habitantes desconocen o simplemente no han percibido malos olores. Algo semejante ocurre en la comunidad de “Cachiviro” donde el 44% de los habitantes ubicados a una distancia de 3 a 15 m verificaron la percepción de malos olores provenientes de la PTAR; por otro lado, un 38% no perciben olores al encontrarse a una distancia de aproximada de 100m y por último un 18% desconoce la presencia de malos olores en la PTAR (Figura 7, a).

De acuerdo a las entrevistas realizadas en la comunidad “El Obraje” se verificó que el 35 % de los habitantes perciben olores débiles provenientes de la PTAR; un 30% afirmaron que los olores son fuertes al encontrarse cerca de la PTAR; por otra parte, un 20 % los habitantes que se encuentran a las salida de la comunidad afirmaron que los olores son muy débiles; sin embargo, solo un 15% de los entrevistados manifestaron que los olores son muy fuerte al encontrarse ubicados cerca de la PTAR; en cuanto a “Cachiviro” el 45% de entrevistados manifestaron que la percepción de olores es Muy Débil al encontrarse a la salida de la comunidad; sin embargo el 25% de los entrevistados perciben olores Débiles al haberse familiarizado con el mismo (Figura 7, b).

En lo que respecta a los tipos percibidos por las PTARs se detalló que en “El Obraje” 45% de los entrevistados perciben olores fecales; 25% perciben olor a huevo podrido; sin embargo, un 20% de los entrevistados manifestaron un olor de vegetales y frutas podridas y en mínimos valores fue el pescado con un 10%. Del mismo modo en la comunidad de “Cachiviro” el olor predominante es el fecal con un 50%; 43% afirmaron percibir huevo podrido; finalmente solo un 6% de los entrevistados afirmaron percibir un olor a pescado podrido (Figura 7, c).

En “El Obraje” un 35% de las encuestas determinaron que la presencia de olores se debe al deficiente mantenimiento de la PTAR; un 30 % descartan que los malos olores se deban a la falta de mantenimiento de la PTAR sino a la mala calidad de la construcción y finalmente el 35% afirman no saber el motivo de los olores. En cuanto a la comunidad de “Cachiviro” el 50% de los entrevistados determinaron que los olores no son a causa del inadecuado mantenimiento sino por su antigüedad;

un 31% manifestaron que no se realiza un adecuado mantenimiento; y por último un 19% afirman que si existe un adecuado mantenimiento en la PTAR. (Figura 7, d).

En la comunidad “El Obraje” 25% de los entrevistados afirmaron que las horas en las que se perciben malos olores son de 9H00 am a 12H00 pm y de 15H00 pm a 18H00 pm (30%) porque el contaminante empieza a ascender; no obstante, un 10% de los entrevistados manifestaron que los olores descendieron a causa de la disminución de flujo de calor 06H00 à 9H00 am y 18H00 a 21H00 pm (15%). Del mismo modo en “Cachiviro” el 31% y 25% definen que la hora con más percepción de malos olores fue entre las 9H00 a 12H00 pm y 15H00pm a 18H00 pm; sin embargo, en el 26% de los entrevistados manifestaron que a partir de 06H00 à 9H00 am y 18H00 a 21H00 pm de igual manera a razón de la disminución de flujo de calor (Figura 7, e).

En lo que respecta en la comunidad “El Obraje” se definió que: 45% de los entrevistados afirmaron que los malos olores son en época seca, debido a las altas temperaturas al permitir la aceleración de la desintegración de materia orgánica; por otro lado, el 20% enfatizan que los olores suceden en época lluviosa por el arrastre de los residuos que el agua transporta hasta la PTAR; no obstante el 35% determinan que los olores son fuertes en ambas épocas por el cambio brusco que tiende a generarse acelerando la acumulación de los desechos orgánicos generando así malos olores. De igual manera, en la comunidad de “Cachiviro” un 50% de las personas encuestadas determinan que los malos olores se producen en invierno a razón del arrastre y acumulación excesiva de desechos orgánicos en el alcantarillado; un 31% definen que los malos olores persisten en ambas épocas debido a la rápida desintegración de la materia orgánica por las altas temperaturas y exceso de desechos sólidos y un 19% manifestaron en época seca a razón de elevadas temperaturas en los últimos años (Figura 7, f).

Con respecto a la disminución de los malos olores comparado hace dos años en “El Obraje” un 35% de la población determinó que los olores no disminuyeron; un 35% que no saben y un 30% determinan que los olores han disminuido ante el desarrollo

de un continuo mantenimiento. En cuanto a “Cachiviro” un 38% definieron que los malos olores disminuyeron considerablemente en comparación hace 2 años atrás y un 31% determinaron que no; por último, un 31% desconocen las problemáticas que existen a causa de las PTARs al haberse naturalizado con los olores provenientes de las plantas (Figura 7, g).

4.2 Fase II: Evaluación de la eficiencia depurativa mediante la aplicación de bioactivadores

A partir de los resultados obtenidos durante la Fase I, se inició la fase de análisis estadístico para verificar la capacidad de remoción de carga contaminante y la capacidad de cumplir con los límites máximos permisibles (Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 1) (Tabla 2) en cada en cada PTAR

4.2.1 Análisis de remoción de carga contaminante

Una vez finalizada la fase de muestreos; se procedió a interpretar los parámetros físico-químicos y microbiológicos en base a los resultados de los análisis del laboratorio. El comportamiento de los parámetros se lo interpretó en base a la capacidad de remoción con respecto a la concentración del afluente y efluente, durante las etapas del sistema depurativo Pasaje y Palacios (2018); y a su vez permitió la verificación del cumplimiento con los LMP de descarga de acuerdo a la normativa vigente TULSMA. Además de verificar el tratamiento más adecuado durante las dosificaciones.

La remoción de carga contaminante de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de acuerdo a cada dosificación demostró que, los sólidos suspendidos, sólidos totales, DQO, DBO₅, sulfatos, temperatura estuvieron en un rango de 40% hasta 90% constatando que dichos porcentajes fueron adecuados para un sistema de tratamiento anaerobio facilitando así la desintegración de materia orgánica (Pasaje y Palacios, 2018); los valores del pH fueron constantes en un rango de 6 a 9 al igual que la Temperatura en un rango de 18 C° a 20 C° manteniéndose

en las diferentes etapas del sistema depurativo, beneficiando al normal crecimiento de bacterias anaerobia.

De la misma manera lo demuestra, Pascu, Modrogan, Miron, Albu, Clej, Pascu y Caprarescu (2015), que ante la implementación del bioactivador de micropán su pH fue igual a 7 y su temperatura constante entre 19 C° a 21 C°, condiciones óptimas para la activación de los microorganismos presentes en el bioactivador; caso contrario las enzimas pueden verse afectadas por el cambio del valor de pH, perjudicando a la función enzimática o a su inhibición total. Del mismo modo Castillejo y Aquino (2017), recalcan que el pH se relaciona con la variación de temperatura, donde a mayor temperatura el pH tiende a disminuir y a la disminución de la temperatura el pH tiende a aumentar, por lo que se deduce que son proporcionales a las variaciones. Del mismo modo Pasaje y Palacios (2018), establecieron que el pH, temperatura y la alcalinidad del afluente y efluente difieren en gran porcentaje a la disminución de materia orgánica, a razón de que las bacterias pueden tolerar amplios rangos de estos parámetros.

También se verificó bajas remociones en coliformes totales, conductividad eléctrica, hierro y manganeso. Los valores con mayor porcentaje de remoción de carga contaminante durante las diferentes dosificaciones realizadas en cada PTAR están resaltados con negrilla (Tabla 11).

Tabla 11. Remoción de carga contaminante de los parámetros Físicos-Químicos y Microbiológicos, obtenidos durante la implementación del B1 y B2 expresados en porcentajes; PFM (parámetros físicos y microbiológicos); PQ (parámetros químicos); D (dosificación)

PFM %	El Obraje							PFM %			Cachiviro				
	D1	D2	D3	PQ %	D1	D2	D3	D1	D2	D3	PQ %	D1	D2	D3	
CE	7.31	14.39	-32.00	pH	6.40	-0.27	1.48	CE	-3.32	-30.26	1.46	pH	13.07	4.52	8.77
CR	12.96	-16.11	-4.94	P-PO ₄ ³⁻	-38.89	36.36	2.72	CR	-102.44	-2.54	17.02	P-PO ₄ ³⁻	-9.68	-50.00	-28.21
ST	32.90	40.24	7.10	Fe	0.00	0.00	0.00	ST	21.90	15.25	-8.21	Fe	75.00	-400.00	0.00
SST	74.07	86.67	90.12	Mn	-200.00	11.11	0.00	SST	57.19	2.22	23.81	Mn	-101.72	-31.67	-116.36
SDT	7.58	14.02	2.20	N-NH ₃ ⁻	3.39	28.43	-5.26	SDT	-0.60	21.33	-19.53	N-NH ₃ ⁻	-3.36	-43.13	1.69
T°	-0.54	2.70	1.63	SO ₄ ²⁻	48.65	0.00	83.95	T°	2.62	0.97	2.45	SO ₄ ²⁻	94.34	33.33	14.29
T	74.55	90.19	90.00	S ²⁻	-61.54	23.08	98.91	Turb	61.92	51.51	41.24	S ²⁻	-1187.88	-998.77	-267.65
C.T	32.98	-31.02	-945.45	DBO ₅	44.82	81.42	66.27	C.T	10.63	-33.54	10.85	DBO ₅	44.82	21.90	66.28
E. coli	35.74	26.60	5.65	DQO	44.82	81.23	66.27	E. coli	0.36	47.02	42.24	DQO	44.82	21.90	8.77

Durante el proceso de aplicación de los bioactivadores B1(El Obraje) y B2 (Cachiviro) la remoción de carga contaminante disminuyó favorablemente en cada PTARs; los parámetros físicos que disminuyeron en “El Obraje” fueron: Conductividad Eléctrica (14.3%) en la D2, Color Real (12.96 %) en la D1, Sólidos Totales (40.24%) en la D2, Sólidos Suspendidos Totales (90.12 %) en la D3, Sólidos Disueltos Totales (14.02%) en la D2, Temperatura (2.70%) en la D2, Turbiedad (2.70 %) en la D2, Coliformes Totales (32.98%) en la D1, *E. coli* (35.74%) en la D1. Los resultados constatan que la remoción de carga contaminante disminuyó a partir de la dosificación dos (D2). Del mismo modo en “Cachiviro” disminuyó: Conductividad Eléctrica (1.46%) en la D3, Color Real (17.02 %) en la D3, Sólidos Totales (21.90%) en la D1, Sólidos Suspendidos Totales (57.19%) en la D1, Sólidos Disueltos Totales (21.33%) en la D2, Temperatura (2.62%) D1, Turbiedad (61.92%) en la D1, Coliformes Totales (47.02%) D3, *E. coli* (10.85 %) D2. En este caso la disminución de estos parámetros no se realizó de una manera continua y beneficiosa para la mitigación de carga contaminante.

Por otro lado, los parámetros químicos en “El Obraje”: pH (6.40%) en la D1, $P-PO_4^3$ (36.36%) en la D2, Fe (0.00%), Mn (11.11%) en la D2, $N-NH_3^3$ (28.43%) en la D2, SO_4^{2-} (83.95%) en la D3, S^{2-} (98.91%) en la D3, DBO_5 (81.42%) en la D2, DQO (81.23%) en la D2, constatando la disminución de la carga contaminante a partir de la D2, cumpliendo con los límites permisibles. Del mismo modo, en “Cachiviro”: pH (13.07%) en la D1, $P-PO_4^3$ (--), Fe (75.00%) en la D1, Mn (--), $N-NH_3^3$ (1.69%) en la D3, SO_4^{2-} (94.34%) en la D1, S_2 (--) D3, DBO_5 (66.28%) en la D1, DQO (44.82%) en la D1.

La disminución de concentraciones del DBO_5 y DQO son factores determinantes para disminución de malos olores, así como lo determinan Miron, Dumitrescu, Albu y Constantin (2015), al ser parámetros que definen la efectividad de los bioactivadores ante la mitigación de malos olores en las PTARs anaerobias, como en este caso el DBO_5 y DQO disminuyó favorablemente en un 81% en “El Obraje” y un 41% “Cachiviro”. En base a ello, se determinó que en la situación más favorable la mitigación de malos olores puede ser factible en 8 horas como es el

caso en la PTAR “El Obraje” planta en la cual la minimización de malos olores fue más notoria que en “Cachiviro” (Pascu et al., 2015). Por otro lado, Suryawan, Prajati, Afifah, Apritama y Adicita (2019), enfatizaron que al no contar con una remoción de MO favorable la disminución de malos olores se generó a partir de 12 horas como es el caso de la PTAR “Cachiviro” en la cual la percepción de malos olores era mínima pero perceptibles para población aledaña.

En lo que respecta a los parámetros microbiológicos no existió una adecuada disminución de carga contaminante durante las dosificaciones realizadas en cada PTAR, de ello resulta necesario decir que los productos implementados no mitigan a esta variable. A diferencia de Cardona (2018), que obtuvo resultados favorables ante la disminución de las Coliformes fecales, posterior a la incorporación del producto (ME) obteniendo concentraciones por debajo de lo que indica la normativa vigente, en este caso de 1000ml a 100ml, permitiendo así mejorar la calidad del agua para consumo de animales de corral o acuáticos.

Finalmente, los resultados obtenidos en la PTAR “Cachiviro” presentaron una alta disminución de carga contaminante en su efluente; sin embargo, la PTAR “Cachiviro” no cumplió con los límites máximos permisibles de vertimiento a un cuerpo de agua dulce en base a lo establecido en la Normativa 097A, siendo “El Obraje” la PTAR con mejores porcentajes de disminución que dieron paso al cumplimiento de los límites permisibles de vertimiento. Además, se constató que las fases del sistema depurativo de la PTAR “Cachiviro” se han ido desgastando a través del tiempo siendo esta uno de los motivos de una deficiente depuración en sus sistemas de tratamiento (Centeno et al, 2019).

De acuerdo a Corominas, Foley, Guest, Hospido, Larsen, Morera y Shaw (2013), define la importancia de cumplir con las normativas vigentes para la adecuada y óptima operatividad del sistema depurativo de cualquier tipo de PTARs, permitiendo mejorar la calidad ambiental, social y la eficiencia de los procesos biológicos; es así que, las diferentes problemáticas socio ambientales, generó la necesidad de implementar productos alternativos amigables con el ambiente para el

tratamiento de aguas residuales (Madsen, Holm y Esbensen, 2011). Es así, que Posavac, Landeka y Zanoškide (2006), demostraron que el uso de bioactivadores en PTARs en este caso fue monitoreado en el período enero-mayo del año 2006 (sin agregar el bioactivador) y en el año 2009 (se implementó el bioactivador) formando flóculos y una buena sedimentación de lodos activados, prevención del crecimiento de bacterias filamentosas lo cual permitió la calidad estable del efluente en base a los valores permitidos de descarga como es el DQO <700 mg / L y DBO <250 mg / L.

Cockx (2001), señala que la agricultura y el medio ambiente en los últimos años se han visto afectados en la última década siendo una de los principales problemas la alteración del agua potable y el deficiente tratamiento depurativo del agua residual, a partir de ello se generó la importancia del uso de ME los mismos que permitieron la minimizar la percepción de malos olores al disminuir el porcentaje de índices de coliformes y otros microorganismos patógenos en un 99%, esta investigación constó de 18 experimentos obteniendo resultados favorables en un día.

Además, Namsivayam, Narendrakumar, y Kumar (2011), sugieren que los bioactivadores o EM pueden tener diferentes series de aplicaciones, como son la agricultura, ganadería, compostaje, biorremediación, entre otras. No obstante Montoya (2017), demuestra que para una adecuada eficiencia depurativa es esencial que los parámetros de pH se mantengan en valores neutros en rangos de 7 a 9 y una temperatura entre 25,5°C y 28,2°C al ser condiciones benéficas para la rápida desintegración de la materia orgánica en PTARs anaerobias, enfatizando que para la disminución DBO₅, DQO y coliformes totales es imprescindible la mitigación de malos olores y sólidos totales suspendidos, al ser un factor incidente con respecto al tiempo de retención hidráulica.

En relación al caso de estudio de Jin, Wang, Gong, Gu, Zhang, Shen y Li (2005), demostraron que el biorreactor de membrana de lodo activado (MBR) es ventajoso para una adecuada recuperación de ARD, para lo cual eligieron una variedad de microorganismos capaces de descomponer componentes químicos y MBR. Para

esto seleccionaron bacterias que oxidan amoníaco y nitritos las mismas que producen proteasa, amilasa y celulasa, obteniendo como resultados una remoción de 90% de DQO y un 99.4% de remoción de amoníaco y nitritos, manteniéndose constantes en un periodo de 90 días, no obstante, ante el uso del biorreactor se produjo una mayor eficiencia y un efluente estable en un tiempo más corto de 24 a 48h. Del mismo modo Posavac, Landeka y Zanoškide Vargas (2010), constatan que el uso de bioactivadores es eficiente a pesar de las altas concentraciones de compuestos orgánicos presentes en aguas residuales lácteas; incidiendo favorablemente a la remoción entre un 70 a 90% de carga contaminante en un DBO₅, DQO, Sólidos suspendidos, Nitrógeno, Fósforo total, grasas y aceites, dando por hecho que la calidad microbiológica es eficiente para la desintegración de la materia orgánica.

4.2.2 Análisis estadístico de eficiencia de bioactivadores

Se desarrolla mediante los valores netos de los resultados de los análisis de cada parámetro físico-químicos y microbiológicos durante las tres dosificaciones realizadas en cada PTAR.

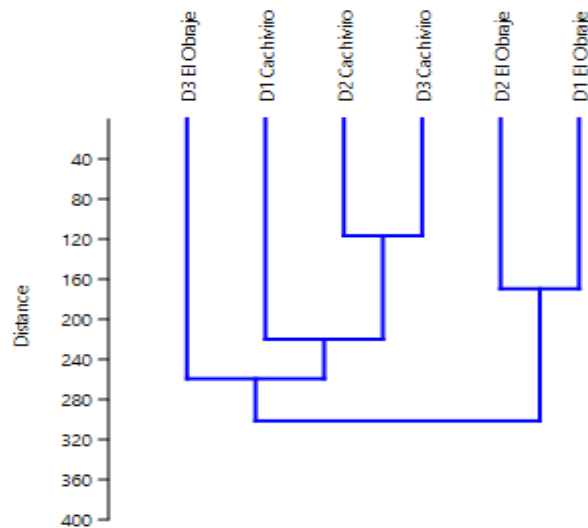
- Parámetros Físicos

Inciden directamente con las características estéticas del agua (Pradeep, Deepika, Urvi y Hitesh, 2012). Con respecto a los valores obtenidos a partir de la aplicación de los productos se realizó un análisis descriptivo obteniendo valores máximos, mínimos, desviación estándar y la media, generados a partir de las distintas dosificaciones en cada PTAR (Tabla 12)

Tabla 12. Estadísticas descriptivas de los parámetros físicos

N°	Parámetros	Max	Min	DS	M
1	Conductividad	964	672	110,46	808
2	Color Real	332	144	72,78	187,5
3	Sólidos Totales	656	416	95,26	588
4	Sólidos Suspendidos Totales	200	16	75,65	91
5	Sólidos Disueltos Totales	488	378	46,01	462
6	Turbiedad	145	18,6	1,02	18,55
7	Temperatura	20.5	18	52,50	37,85

Por consiguiente, se determinó que el proceso depurativo en la D2 y D3 “Cachiviro” fue el más eficiente seguido de D1 y D3” El Obraje”. También se demostró que las dosificaciones con mayor eficiencia depurativa no tienen similitud a pesar de la disminución de malos olores en las PTARs. Esto quiere decir, que el proceso depurativo que mitigó los niveles de carga contaminantes en ambas plantas fue favorable, no obstante, el B2 no cumplió con los LMP a diferencia del B1 que sí cumplió con los LMP para descarga del efluente al cuerpo de agua natural en base al Acuerdo Ministerial 097 libro VI Anexo I (Tabla 2) (Figura 8).

**Figura 8.** Dendrograma de los Parámetros Físicos

- Parámetros Químicos

Tienen la capacidad de disolver diferentes concentraciones debido a las interacciones de varias sustancias (Pradeep et al. 2012). Por ende, mediante los valores obtenidos a partir de la aplicación de los productos se realizó un análisis descriptivo obteniendo valores máximos, mínimos, desviación estándar y la media generados de las distintas dosificaciones en cada PTAR (Tabla 13).

Tabla 13. Estadísticas descriptivas de los parámetros químicos

Parámetros	Max	Min	DS	M
pH	8	6.92	0,37	7,40
Fósforo total	6.9	4.2	1,06	5,87
Hierro	0.3	0	0,11	0,13
Manganeso	0.119	0.079	0,01	0,09
Nitrógeno	61.5	28.5	14,03	42,70
Sulfatos	38	3	13,98	17,85
Sulfuros	0.63	0.005	0,24	0,32
DBO	421	142	132,21	306,8
DQO	240	35.69	76,46	135,94

Se determinó, que el proceso depurativo más adecuado fue a partir de la implementación del B2 durante la D1, D2; y en la B1 durante la D2 y D3; cabe señalar que la eficiencia de los dos productos no tiene similitud de eficiencia a pesar de haber mitigado o disminuido un adecuado porcentaje de carga contaminante de manera similar la aplicación del B2 no cumple con los LMP en base al Acuerdo Ministerial 097 libro VI Anexo I (Tabla 2) (Figura 9).

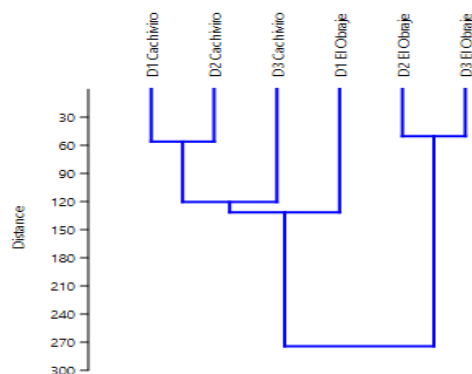


Figura 9. Dendrograma de distancia de los Parámetros Químicos

- Parámetros microbiológicos

Se los expresa comúnmente en logaritmo natural al ser valores elevados (Cabral, 2010). Por ende, mediante los valores obtenidos a partir de la aplicación de los productos se realizó un análisis descriptivo obteniendo valores máximos, mínimos, desviación estándar y la media generados a partir de las distintas dosificaciones en cada PTAR (Tabla 14).

Tabla 14. Estadísticas descriptivas de los parámetros microbiológicos

Parámetros	Max	Min	DS	M
Coliformes fecales	5.2E08	1.153E07	2,07197E08	1,569167E08
E. Coli	1.323	4710000	5,293893E09	2,466217E09

En consecuencia, las concentraciones de estos dos parámetros no varían ante las implementaciones de B1 Y B2 al ser productos enfocados en disminuir de manera primordial a parámetros químicos como DBO₅ y DQO (Figura 10).

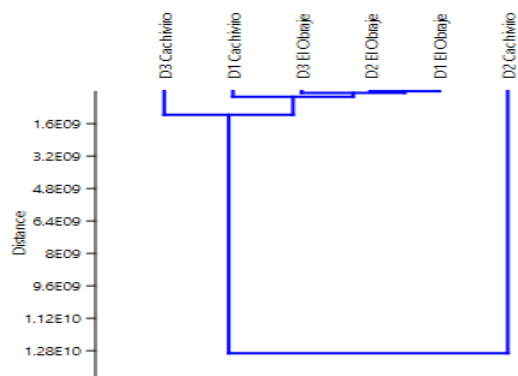


Figura 10. Dendograma de distancia de los Parámetros
Microbiológico

A fin, de concretar o verificar los resultados obtenidos se ingresaron los valores de cada variable, transformándolos previamente a Ln, en el programa INFOSTAT; se ingresó los valores obtenidos a través de los muestreos realizados durante las diferentes etapas de dosificaciones para lo cual se utilizó otras pruebas estadísticas alternas para evaluar la eficiencia de los bioactivadores entre ellas el método ANOVA y T de Student para lo cual se utilizaron los valores los resultados obtenidos de los análisis de antes y durante las dosificaciones del afluente de cada planta. No obstante, ante el uso nuevas opciones de análisis los resultados fueron similares al obtener una significancia porcentual de 0,05%, impidiendo efectuar un análisis crítico para una fácil interpretación de los datos generados. En cuanto Centeno et al, 2019 determinó la eficiencia del tratamiento en base a la disminución del DBO₅ a través del método de Winkler y el análisis estadístico en Infostat al utilizar el método estadístico de análisis de varianza ANOVA demostrando así que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos, en consecuencia, a esto para constatar los resultados obtenidos se aplicó el método de Tukey constatando así, que los 3 tratamientos empleados son diferentes.

Leal, Panta y Ferrín (2015), demostraron otro tipo de metodología para verificar la eficiencia depurativa en PTARs de las aguas residuales de la industria procesadora de pescado de la ciudad de Manta (Ecuador) realizando ensayos de laboratorio en reactores discontinuos de 1 L, con un tiempo de contacto de 24 horas. Dicho efluente fue diluido en agua destilada en cantidades de 33%, 66% y 100%,

correspondientes a las 3 etapas. Enfocándose en los parámetros fisicoquímicos, considerando el tipo de efluente y las 3 etapas experimentales; previo a realizar el ANOVA comprobaron, tanto la homogeneidad de las varianzas (Test de Bartlett), como la distribución normal de los residuos (Test de Kolmogorov-Smirnov). Adicionalmente, un estudio de correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos dentro de los reactores para conocer su intervención sobre la remoción de la materia orgánica, considerando $n=75$ y $t_{\text{teórico}}=0.274$ ($p<0.01$). Demostrando así una baja eficiencia depurativa, como resultado del lodo inóculo usado, así como del contenido relativo de sales.

Finalmente, López (2007), define que “el uso del análisis de clúster (Dendograma) es una técnica intrínseca o subyacente de un conjunto de datos que tienen la finalidad agrupar datos en función a su proximidad o similitud para representar la variabilidad espacial o estacional de la calidad del agua. Por ende, García, Palacio y García (2012), definen qué se debe tomar en cuenta la agrupación de valores y la distancia de cada clúster facilitando la identificación de las diferentes situaciones o cambios generados durante las dosificaciones en PTARs y así realizar una autocorrelación espacial de cada producto de acuerdo a sus dosificaciones.

Además, Lóp, Hurtado, Ruiz y López (2015), enfatizan que para la estabilidad o evaluación de la eficiencia del sistema depurativo de las PTARs es necesario evaluar la variación de la calidad del agua para determinar la metodología a ser aplicada. Un ejemplo de ello lo realizó Carrillo (2006), a través de la técnica de estadística multivariantes definiendo la variación temporal y espacial de la calidad del agua en la zonas costeras, esto quiere decir que ante mayor información el análisis de los clúster es más efectivo, como se demuestra en este caso en el cual se verificó la variación temporal de dos periodos heterogéneos en el mes de Abril, Mayo, Junio, Agosto y Noviembre donde los parámetros de calidad es elevada a excepción de julio (altas concentraciones de carga contaminante).

4.3 Fase III: Desarrollo del manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento con enfoque al uso de bioactivadores.

4.3.1 Introducción

Debido a un acelerado crecimiento demográfico en zonas rurales ha generado el aumento de desechos sólidos-líquidos en los últimos años; como resultado del uso del agua potable en sus diferentes actividades domésticas y comerciales se genera el agua residual que se transporta por el alcantarillado hasta llegar al sistema de tratamientos depurativo (PTAR) con el fin de tratar el afluente, para evitar problemas socio-ambiental una vez que el efluente desemboque al cuerpo de agua.

Todo sistema depurativo debe cumplir con previos preparativos antes de iniciar su operación como la capacitación de operarios, inspección de las instalaciones y la verificación de la eficiencia operacional del tratamiento (Smith, Stadler, Love, Skerlos, y Raskin, 2012).

El adecuado tratamiento del afluente se basa en el trabajo en conjunto de una institución pública o acreditada y de la comunidad al generar conciencia ambiental evitando la evacuación directa de desechos contaminantes por el alcantarillado como aceites o desechos orgánicos perjudiciales para cuerpos de agua dulce cercanos a su comunidad (Massoud, Tarhini, y Nasr, 2009).

En este caso, la principal problemática evaluada en las PTARs fue la presencia de externalidades ambientales negativas como malos olores generados ante la lenta desintegración de la materia orgánica, causando molestias a los habitantes de la comunidad y afectando al ecosistema acuático (Río Jatunyacu, Lago San Pablo). Esto generó la necesidad del uso productos amigables con el ambiente como son los bioactivadores.

El presente manual aportará con recomendaciones para un adecuado mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales anaerobias ante la implementación de bioactivadores (Figura 17).

4.4 Aguas Residuales

Las aguas residuales son una combinación de desechos que se transportan por el alcantarillado, que contienen aguas de inodoros, cocina, duchas y lavanderías (Tabla 15) (Jelic, Gros, Ginebreda, Céspedes, Ventura, Petrovic y Barcelo, 2011).

Tabla 15. Tipos de aguas residuales

Aguas servidas		Aguas negras		Aguas industriales		Aguas de hospitales o centros de salud	
Proviene de usos domésticos	de	Proviene de inodoros de baños con heces fecales	de los	Proviene de minería u otros que contienen contaminantes tóxicos	de fábricas,	Contiene microorganismos causantes de enfermedades y altamente contaminantes	

4.5 Recolección y evacuación de las aguas residuales

Procedimientos sanitarios que sirven para recolectar y transportar las aguas residuales a un lugar en específico que no afecte a la salud de los habitantes aledaños, siendo el caso de los sistemas de alcantarillados sanitarios que están conectados con un conjunto de baterías, instalaciones y diferentes equipos utilizados para la recolección y transporte de las aguas residuales.

4.6 Confinamiento

Etapa final del agua residual, después de pasar por un proceso de tratamiento, evitando la contaminación al ecosistema (Figura 11).

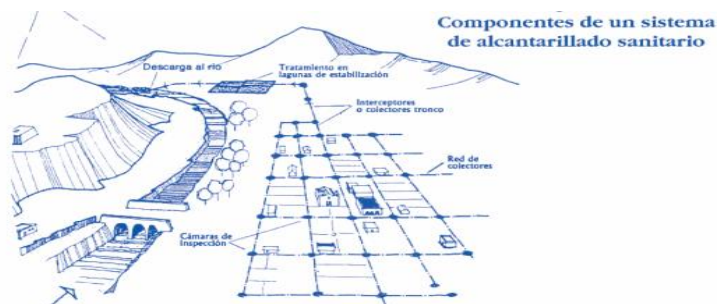


Figura 11. Descripción del sistema de alcantarillado en zonas rurales

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de sistemas de aguas residuales rurales, 2001

4.7 Detalle del Sistema de depurativo de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (Rurales) anaerobias.

Son estructuras que almacenan las aguas residuales por un período determinado para ser tratadas con el fin de reducir, sustancias contaminantes y microorganismos perjudiciales para el ser humano a través de acciones físico- químicas y biológicas (Figura 12).

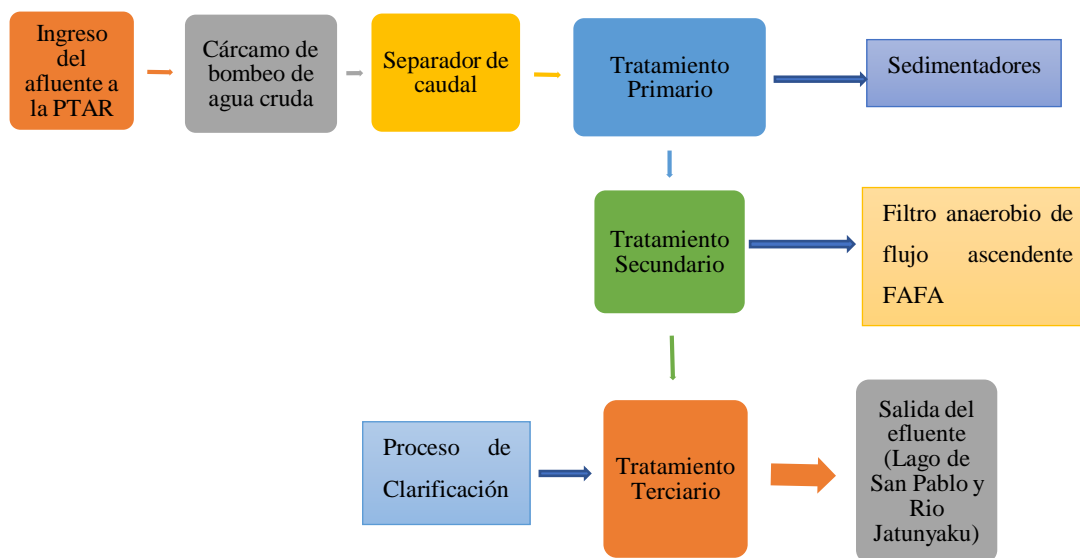


Figura 12. Flujograma de etapas del sistema de tratamiento de PTARs anaerobias en zonas rurales

Las plantas de tratamiento anaerobias para un adecuado control y seguimiento se dividen en tres etapas depurativas:

Ingreso del afluente a la PTARs:

4.7.1 Cribado

Es la primera etapa del tratamiento donde el agua residual ingresa a la PTAR a través de una rejilla evitando la acumulación de material flotante grueso o residuos flotantes evitando la obstrucción o taponamiento de las tuberías de conducción para un adecuado proceso depurativo (Le Hyaric, R., Canler, Barillon, Naquin, y Gourdon, 2010). También, se debe tener en cuenta que para facilitar el ingreso del afluente a las PTARs es necesario:

4.7.2 Diseño de rejillas

La elaboración de rejillas metálicas debe tener una distancia entre 25 a 50 mm y se colocan en un ángulo de 30° a 60° referente al plano horizontal; a fin de evitar el ingreso de material flotante en exceso (papel, cáscaras, trapos, residuos de vegetales o frutales; entre otros) evitando la obstrucción del libre ingreso del AR para un eficiente proceso depurativo durante las fases de tratamiento (Figura 13) (Panepinto, Fiore, Zappone, Genon, y Meucci, 2016).

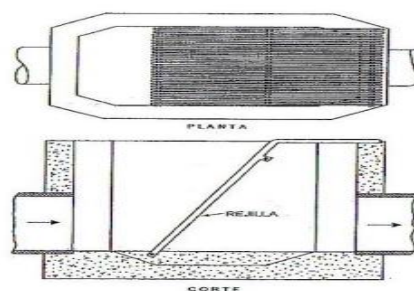


Figura 13. Diseño de rejilla

4.7.3 Cárcamo

Permiten el impulso de todo tipo de agua cuando la cota del área de donde se capta el agua es muy baja como para ser drenada a colectores, además de disminuir costos para la instalación de alcantarillados de una determinada zona en específico (Figura 14) (Sáenz y Correa, 2018).



Figura 14. Sección de cárcamo

4.7.4 Separadores de caudal

Son estructuras provistas de vertederos, que tienen como finalidad distribuir el agua homogéneamente a los sedimentadores con el fin del caudal de ingreso al sistema de tratamiento (Figura 15) (Sáenz y Correa, 2018).



Figura 15. Sección de separadores de caudal

4.7.5 Cámaras sépticas (Etapa primaria)

Son tanques de forma rectangular que conducen las aguas residuales domésticas. En esta sección se desarrolla a continuación los siguientes procesos (Sáenz y Correa, 2018):

- Retención de espumas y objetos flotantes
- Sedimentación de sólidos
- Digestión de materia orgánica (FAFA)
- Descarga del agua residual clarificada

4.7.6 Sedimentadores

La sedimentación se encarga de reducir la cantidad de carga contaminante durante las etapas de tratamiento, eliminando SS y material suspendido presentes en el AR que al trabajar de manera eficiente elimina hasta un 90% de sólidos sedimentables, 40% al 60% SS y del 20% al 40% de DBO. La cantidad de materia orgánica eliminada depende del tipo de agua residual de cada PTAR al contar con características particularmente diferentes (Figura 16) (Le Hyaric., et al 2010).



a)



b)

Figura 16. Sedimentadores de las PTARs: a) “El Obraje”, b) “Cachiviro”

4.8 Filtro de flujo ascendente (Etapa secundaria)

Se denomina al filtro biológico construido de concreto que contiene grava, o piedra redonda como material flotante, aportando a la desinfección del agua residual mediante la formación de una capa de organismos descomponedores de materia orgánica presente en el agua residual. Es recomendable que los filtros anaerobios pueden estar contruidos de dos o tres cámaras (Figura 17).



Figura 17. Filtros de flujo ascendentes (FAFA)

4.9 Etapa final

- Se procede a la clarificación del afluente una vez finalizado su paso por los FAFA mediante grava y arena.
- Posteriormente se transportan hacia los contenedores del afluente.
- Descarga del efluente por tubos PVC hacia la salida de las PTARs al cuerpo de agua.

4.10 Evaluación del estado de la PTAR

4.10.1 Aforo volumétrico

Consiste en la recolección de una cantidad de material en un tiempo determinado o en otras palabras es la recolección del volumen específico, midiendo el tiempo que se utilizó en su recolección; para ello, es necesario el uso de materiales como: jarra (2L), cronómetro, baldes (ocasionalmente), guantes, botas, gafas y mascarilla.

Por tal razón, el principal objetivo del aforo, es determinar la curva horaria del caudal de ingreso de la PTAR ante el comportamiento del caudal en las diferentes horas del día para verificar los picos de mayor caudal; el valor para descartar ingresos superiores al diseño establecido y determinar el TRH de los sedimentadores, garantizando la eficiencia depurativa (Figura 18) (Abdullah, Yuzir, Curtis, Yahya y Ujang, 2013).

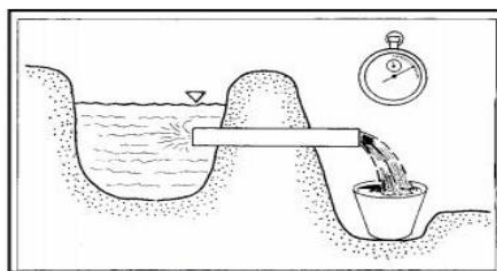


Figura 18. Metodología de Aforo Volumétrico

4.10.2 Muestreos de agua residual

El muestreo se determina como la extracción de una porción representativa en este caso del afluente (agua que ingresa a la PTAR) y del efluente (agua que sale de la PTAR) el mismo que tiene como propósito evaluar las diversas características que estas poseen, basándose las normativas legales ambientales. También, se debe tomar en cuenta el lugar en donde se realizará el muestreo y el tipo de muestreo a realizar (Tabla 16).

Tabla 16. Detalle de equipo y materiales para un muestreo adecuado

Equipo	Materiales
Overol de trabajo	Recipientes plásticos o
Guantes de hule	vidrio (1L) para el
Botas de hule	afluente y efluente.
Cubre bocas	Cooler
Gafas	Jarra (1L)
	Vara
	Alcohol antiséptico
	Agua potable
	Etiquetas

- **Muestreo simple**

El muestreo se realiza de manera puntual en un tiempo y punto específico. Este tipo de muestras determinan las características de descarga y ayuda a la evaluación de posibles efectos negativos para los ecosistemas de cuerpos de agua. No obstante, se recomienda hacer el muestreo mensualmente. Cabe destacar, que para una correcta toma de muestras es indispensable tener en cuenta los equipos e instrumentos. Pasos para una adecuada recolección de muestras de agua residual (Tabla 17).

Tabla 17. Detalle de pasos y herramientas para un adecuado muestreo (afluente y efluente)

Selección de puntos de muestreo (afluente y efluente), puntos GPS.



Manipulación de envases de 1L para la recolección de muestras del afluente y efluente.



Posteriormente con la ayuda de una jarra conectada a una vara se recolecta una muestra de agua hasta llenar el envase.



Finalmente se ubica en la sección del efluente y repetimos el paso anterior.



Finalizado la etapa de muestreo de acuerdo a la normativa vigente se procede al análisis de las muestras.

4.10.3 Análisis de laboratorio

Tiene como fin, corroborar la calidad de entrada y salida (afluente y efluente) de la PTARs y verificar el adecuado funcionamiento de acuerdo a la eficiencia depurativa de los sistemas de tratamiento. Al ser PTARs anaerobias es recomendable evaluar los siguientes parámetros; pH, conductividad, temperatura, DBO₅, DQO, Nitrógenos, sólidos totales, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, fosfatos, coliformes totales y *Escherichia coli*; es recomendable realizar una evaluación cada dos semanas al mes, al contar con un fácil acceso al laboratorio y reactivos.

4.10.4 Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Mediante este factor se determina la eficiencia del sistema de digestión anaerobia, al determinar el tiempo en el cual actúa o se genera el proceso biológico (activación de bacterias) para la desintegración o eliminación de materia orgánica presente en los sedimentadores (Le Hyaric., et al 2010). El análisis del tiempo de retención hidráulica se basa en el siguiente cálculo:

$$TRH = Vol/Q$$

Dónde: TRH = Tiempo de retención hidráulica

Vol = volumen m³

Q = caudal promedio m³/h

4.10.4 Medición de lodos

Los lodos se generan a partir del arrastre de los diferentes residuos orgánicos, por lo cual están presentes durante las etapas del sistema de tratamiento; los lodos están conformados de un 90% de humedad, materia orgánica y patógenos perjudiciales para los seres vivos, por tal motivo, es indispensable disminuir el exceso de lodos localizados en los sedimentadores que impiden el adecuado crecimiento o

activación de las bacterias biológicas durante el proceso anaerobio (Torres, Cardoso, y Rojas, 2011).

Para medir los lodos presentes en los sedimentadores se necesita una vara (madera) algodón o tela y después introducirla en los tanques sedimentadores esperar unos minutos y retirar la vara lentamente, una vez finalizado este procedimiento se procede a su análisis:

Fórmula de medición del caudal $L = (100\% * CDM) / h$

Dónde: L = lodos

CDM = cantidad de lodos marcado

H = altura del sedimentador

4.11 Evaluación de percepción de olores en PTARs anaerobias

La percepción de malos olores generados en las PTARs se debe a fallas en su diseño, operación física, química o biológica porque al ser plantas de tratamiento anaerobias tienden a ser susceptibles debido al metabolismo de bacterias sulfato reductoras, en especial si el agua residual presenta un alto nivel de concentraciones de sulfatos y sulfuros. A razón de esto en lo que respecta a identificación de externalidades ambientales negativas en plantas de tratamiento anaerobias, UNE-EN 13725:2004 establece que es necesario realizar la prueba de olfatometría, pero al ser muy costosa Sáenz et al. (2015) es recomendable realizar un banco de preguntas en base al área de influencia para determinar la distancia entre la comunidad y las plantas de tratamiento, ayudando a constatar las posibles causas de las problemáticas que puedan existir.

4.11.1 Sustancias generadoras de malos olores en PTARs

Es la combinación de una variedad de residuos sólidos-líquidos generadores de sustancias químicas de fácil percepción olfatoria al tener compuestos volátiles de

sulfuro (azufre) y compuestos aromáticos orgánicos (ácidos grasos), a medida de esto es necesario controlar o mitigar la presencia de malos olores a través de metodologías viables y de bajo costo para definir los niveles máximos permisibles de las sustancias generadoras de olores ofensivos.

4.11.2 Causas frecuentes de la generación de malos olores en las PTARs

- Mal diseño de la PTAR (dimensión deficiente al caudal, elevada carga contaminante, TRH insuficiente, áreas descubiertas, entre otros).
- Operación inadecuada (acumulación de materia orgánica, deficiente almacenamiento de lodos o acidificación en los reactores anaerobios, entre otros)
- pH inadecuado en el agua tratada impidiendo el ácido sulfhídrico disuelto en el agua.
- Presencia de sustancias tóxicas en los lechos anaerobios, generando la pérdida de bacterias.
- Deficiente control de olores provenientes de la PTAR.

Cabe resaltar que el ácido sulfhídrico es el compuesto generador de gases en los sistemas anaerobios y el responsable de la generación de los malos olores provenientes de las PTARs a razón del rompimiento de aminoácidos y otros compuestos orgánicos sulfurados, a través de bacterias, y la reducción de sulfatos y sulfitos.

14.11.3 Caracterización de los olores ofensivos

De acuerdo a la OMS se definen 4 características para la percepción de olores (Tabla 18):

Tabla 18. Tipos de percepción de olores

Intensidad	Calidad	Aceptabilidad (Tono hedónico)	Concentración (Umbral de olor)
Fuerza de sensación percibida	Identificación de olores	Grado de gusto o disgusto de un olor	Concentración mínima de un estímulo odorífero

La caracterización de olores se puede desarrollar mediante la **técnica sensorial** enfocada en la percepción de olores a través del olfato humano realizando previamente un mapeo (área de influencia en base a la ubicación de la zona problemática) y tono hedónico (nivel de agrado o desagrado de un olor) mediante un banco de preguntas en un y la **técnica de olfatometría dinámica** y la **técnica analítica** que es un método tradicional de análisis químico para medir la concentración de compuestos específicos presentes en un olor como por ejemplo la cromatografía de gases, espectrometría de masas, narices electrónicas o indicadores.

4.11.4 Control de olores ofensivos

Sin embargo, para un tratamiento adecuado para el tratamiento de emisiones gaseosas empleando tecnologías fisicoquímicas y biológicas por motivo que cada actividad al tener problemáticas diferentes los sistemas de eliminación de olores son distintos por lo cual es esencial considerar aspectos como la naturaleza del olor, volumen y concentración del gas a tratar (Tabla 20).

Tabla 19. Tecnologías alternativas físico- químicas y biológicas para el control de olores en PTARs domésticas

Tecnología física	Depuración por vía húmeda	Remoción de compuestos olorosos de una corriente de gas
	Adsorción con adsorbente sólidos	Transferencia física o química de uno o más solutos
	Oxidación térmica	Oxida los compuestos combustibles de una corriente de gas residual
	Absorción	Transferencia de masa de mezcla en fase gaseosa a un absorbente líquido
Tecnología química	Reducción con óxidos de hierro y zinc	Reacción del óxido de un metal con H ₂ S
	Precipitación con sólidos alcalinos	Implementación de hidróxido de sodio o cal apagada
	Oxidación con hipoclorito	Oxidante eficiente para eliminación de sulfurados
	Oxidación de H ₂ S con quinona y vanadio	Proceso Strafford
	Oxidación con soluciones de hierro en un agente quelante	Se basa en una reacción redox
	Oxidación de permanganato	
	Sales alcalinas	Su efectividad se base en función del pH
	Solventes físicos	Gases absorbidos en el líquido y se desbordan reduciendo la presión
	Inyección de ozono en lechos de carbón activado para remover H ₂ S	Proceso efectivo para la remoción de H ₂ S
Tecnología biológica	Filtros biológicos	Óptima adaptabilidad a variaciones de contaminantes
	Digestión anaerobia	Descomposición de residuos sólidos por acción microbiana

4.12 Actividades para un adecuado proceso depurativo y minimización de malos olores

En esta etapa es necesario tener en claro que previo al proceso de mantenimiento es importante realizar socializaciones tanto al personal técnico como al personal de campo (obreros) en lo que respecta al uso de la manipulación de herramientas y normas de seguridad.

4.12.1 Mantenimiento general de PTARs

Se define al mantenimiento como el conjunto de actividades que se realizan de manera constante y sistemáticas en las instalaciones para prevenir, mantener o reparar cualquier daño ya sea de manera interna o externa de la infraestructura que afecten o alteren a la óptima eficiencia de los sistemas depurativos anaerobios.

Aspectos beneficiosos de un adecuado mantenimiento:

- Extensión de la vida útil de la infraestructura.
- Evitar el desborde o taponamiento del afluente.
- Prevención de posibles alteraciones o roturas.

Es necesario tomar en cuenta la indumentaria e instrumentos necesarios para evitar posibles riesgos de salud.

- Rastrillo
- Cuchara de albañil
- Pala recta
- Carretilla manual

4.12.2 Control y mantenimiento de olores en cámaras sépticas

La cámara séptica debe revisarse cada tres meses, tomando en cuenta las medidas de seguridad al abrir las tapas de registro las mismas que se deben ventilar por 30 minutos para la evacuación de los gases producidos en las plantas.

Si existe olores fuertes provenientes de las cámaras sépticas se debe realizar:

- La mezcla de agua con cal y colocarla en recipientes por cada 10 litros media cal.
- Arrojar una cantidad necesaria de la solución en la entrada de la cámara séptica.
- En caso de persistir el olor se debe repetir el procedimiento.

4.12.3 Mantenimiento de la fase de pre tratamiento de las PTARs

➤ Ingreso

- Recolección de residuos sólidos mediante el uso de una pala.
- Ubicar los residuos en una carretilla, en la cual es recomendable que tenga una capa de aserrín y así evitar que se adhieran las excretas.
- Finalmente colocar los residuos en la sección determinada colocar cal.

➤ Cámara séptica

El funcionamiento de esta fase, depende en gran medida del fondo falso al ser por donde asciende el agua residual hasta el lecho de grava; de igual manera, debe encontrarse limpio de material fino como arcilla o limo. Se debe tomar en cuenta, que el relleno de grava no se colme o bloquee; sino caso contrario en dos o tres años se debe reducir el caudal en una de las unidades en paralelo.

4.13 Soluciones a daños estructurales de las unidades del sistema depurativo para mitigar o evitar la existencia de externalidades ambientales negativas (malos olores)

Mediante esta sección se detalla las posibles problemáticas durante un sistema de tratamiento; los operarios y el personal técnico deben tener conocimientos para solucionar posibles problemas de una manera rápida y eficaz (roturas, desgaste de

tapas, obstrucción de tuberías, desborde de AR, entre otros) en plantas de PTARs domésticas.

➤ **Obstrucciones**

Son los taponamientos mediante diferentes residuos sólidos (plásticos, pedazos de tela, trozos de alimentos) afectando al adecuado proceso del sistema de tratamiento a mediano o corto plazo. Es por tal motivo que antes de que la problemática perjudique al sistema operativo es indispensable la remoción:

- Material flotante
- Residuos de arena acumulada
- Exceso de lodos
- Espumas y natas

Por tal razón, es importante realizar mantenimiento continuo de las diferentes cajas de ingreso del agua residual, rejillas y tuberías de la comunidad.

➤ **Roturas**

Son a causa del exceso de residuos sólidos, arenas o material flotante que ante su acumulación tienen la posibilidad de atravesar tuberías estas pueden ser evitadas mediante el mantenimiento de la fase de cribado aportando a la minimización de arrastre de sólidos en tuberías. En otro caso las roturas de filtros o tapas se generan a causa de su antigüedad o la oxidación generando problemáticas para una adecuada operación del sistema operativo; esto puede ser evitado mediante el cambio inmediato de estas partes, lo cual aportará a un eficiente proceso depurativo (Figura 19).

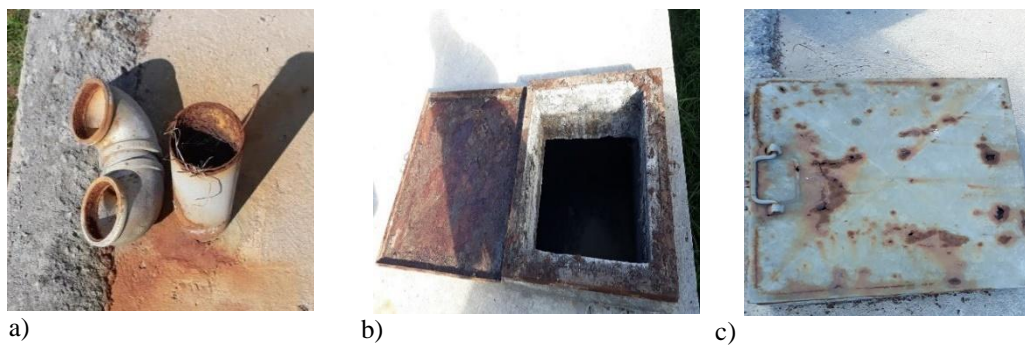


Figura 19. a) Base de tapas desgastadas; b) Filtro roto; c) Tapas oxidadas

➤ Taponamiento de cribado

Debido a la falta de conocimiento de diferentes eventualidades naturales o antrópicas no programadas, se genera un mal uso del alcantarillado por parte de los habitantes de las comunidades al desechar materia orgánica e inorgánica directamente a las tuberías causando el taponamiento de las rejillas provocando un colapso del agua residual. Por esto se recomienda una limpieza constante de las rejillas (remoción de residuos o lodos) del cribado y previo a la separación de caudales (cárcamo) para evitar el taponamiento y facilitando el fácil ingreso del afluente (Figura 20).



Figura 20. Limpieza de rejilla del ingreso del AR a la PTAR

➤ Revisión de las infraestructuras (limpieza de las zonas verdes)

Las salidas de campo realizadas en las PTARs enfatizaron la importancia del desarrollo del mantenimiento de la infraestructura fácilmente visible para

minimizar las externalidades ambientales al impedir la presencia de mosquitos o roedores en exceso (Figura 21).



Figura 21. Limpieza de áreas verdes de PTARs

4.14 Medidas para mitigar los olores

Una vez finalizada la evaluación de los impactos que generan la percepción de malos olores del proyecto o actividad, se debe considerar la presentación de un estudio de impacto ambiental (EIA) que contenga medidas de mitigación, reparación o compensación (Figura 21).

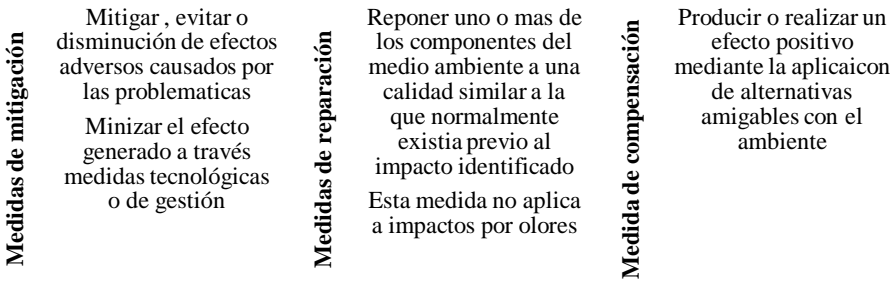


Figura 21. Tipos de medidas de mitigación de malos olores

4.15 Técnicas de prevención para el operador y obrero

- Personal de operación y mantenimiento

Es así que, la responsabilidad del personal para el adecuado y óptimo funcionamiento de la PTARs será:

- **Técnico de alcantarillado:** encargado de direccionar a los trabajadores de la limpieza, manejo y funcionamiento de la planta de tratamiento.
- **Personal de limpieza:** realizan la limpieza de áreas verdes, rejillas tanto del ingreso de la planta como del cárcamo, el adecuado manejo de sólidos.
- **Personales varios:** el trabajo en conjunto de los diferentes trabajadores que en ciertos casos utilizaran maquinaria se encargaran de la extracción de lodos en exceso ubicados en los sedimentadores, además de la remoción del material filtrado FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente).

4.15.1 Seguridad

Es esencial proporcionar al trabajador técnicas para una adecuada manipulación de los instrumentos o de los diferentes procedimientos para que se realice una adecuada operatividad de la PTAR y así, prevenir accidentes mediante el oportuno uso del equipo personal indispensable

- Riesgos de salud

En cuanto a la prevención para riesgos de salud durante el mantenimiento y operatividad de las PTARs es indispensable brindar conocimientos acerca de:

- Medidas de primeros auxilios

Se enfoca en tener conocimiento de diferentes medidas de primeros auxilios para posibles eventualidades que puedan suceder dentro de la PTAR o en la vida diaria.

- Medidas de higiene personal

Es necesario tener en claro los requerimientos de higiene personal técnico u operadores, como fin proteger su salud.

- **Controles médicos**

El ente encargado debe suministrar seguridad y proporcionar a sus técnicos como operarios controles médicos o reciban vacunas si fuera necesario.

- **Equipo de seguridad requeridos**

Equipo de protección personal (EPP): se detalla el equipo a ser utilizado y en qué actividades usarlos, además se debe enfatizar que los operadores verifiquen el estado de los equipos e indumentaria previo a su uso; caso contrario deberá informar al técnico encargado si está dañado o desgastado (Tabla 21).

Tabla 20. Detalle de equipos de seguridad de obreros

Equipo
Casco
Mascarilla
Overol de trabajo
Guantes de hule o carnaza
Botas de hule y de labor

- **Cuadros y formulación de registros**

Es indispensable contar con un registro para facilitar el seguimiento de las diferentes operaciones o inspecciones en la PTAR; sin embargo, el diseño del registro debe ser fácil de llenar para los trabajadores y de rápida interpretación para los técnicos a cargo.

- **Aseo y orden**

Esta técnica evita accidentes o posibles problemas de salud mediante el constante aseo tanto del operador como de la PTAR, adicional a esto es necesario tener un

orden a través de señaléticas en cada sección lo cual facilitará la identificación de las mismas minimizando así, riesgos para los operadores o personas en general.

- **Adecuado uso de herramientas**

Previo a la entrega de herramientas es necesario brindar a los operadores recomendaciones previo a su manipulación y el uso inadecuado que puede causar las herramientas, provocando accidentes, deterioro o pérdida de los mismos.

- **Señalética**

Medida de seguridad esencial que toda infraestructura tiene que cumplir para una fácil comprensión de las diferentes secciones o sectores (PTARs) por tal motivo es necesario que las señaléticas estén en buen estado y ubicados en una posición fácilmente visible.

4.16 Actividades auxiliares para prevención de la generación de malos olores

- Muestreos rutinarios de agua residual (entrada y salida)
- Mantenimiento de áreas verdes de las PTARs.
- Revisión de las infraestructuras semanalmente.
- Revisión del sistema de protección contra crecidas eventuales (unidad de separación de caudales).
- Detección de olores fuertes y observación de burbujas en el agua (mediante estos factores se verificará que si el proceso anaerobio se está ejecutando apropiadamente o no).
- Revisión de los sistemas de aireación y medidas rea tapas de protección.
- Control de material flotante y removerlo si fuera el caso.
- Además, es necesario el monitoreo constante de los tanques sedimentadores para evitar alteraciones durante los procesos posteriores de tratamiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El bioactivador B1 implementado en la PTAR “El Obraje” obtuvo un mejor resultado a partir de la segunda dosificación con 500 cm³, este tratamiento incremento de manera óptima la remoción de carga contaminante, destacando la disminución del 81.42% en DBO₅ y el 81.23% en DQO mejorando así la digestión anaerobia en el sistema.
- El bioactivador B2 aplicado en la PTAR “Cachiviro” fue necesario iniciar con una inoculación de 9kg de producto, posteriormente se mantuvo una dosificación constante de 3kg semanalmente, obteniendo óptimos resultados a partir de la primera semana de tratamiento alcanzando un incremento medio en remoción de carga contaminante, destacando la disminución del 44.82% en DQO y el 66.28% en DBO₅ a partir de la tercera dosificación aplicando 1.5 kg a la semana (Etapa 3), mejorando así la degradación de materia orgánica en el sistema.
- El B1 obtuvo una eficiencia depurativa alta en remoción de contaminantes garantizando que el efluente de agua residual de la PTAR “El Obraje” cumpla con los valores máximos permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce; por el contrario, el tratamiento con el B2 a pesar de alcanzar un grado medio en degradación de materia orgánica, no fue suficiente para que el efluente en la PTAR “Cachiviro” cumpla con la normativa de descarga. Demostrando que el B1 es el de mayor eficiencia depurativa.
- Las plantas depuradoras se construyeron directamente en el área poblada de las comunidades “El Obraje” y “Cachiviro”, con las encuestas socioeconómica realizadas a los ciudadanos, se identificó el desacuerdo y

problema que padecen por los efectos secundarios que provoca la operación de los sistemas, principalmente la generación de malos olores. Con la nueva gestión operativa de la PTAR se alcanzó disminuir la generación de olores respecto a cómo se presentaban antes de aplicar los bioactivadores.

- El uso de bioactivadores mejora y mantiene en equilibrio el proceso bioquímico en la depuración del agua; sin embargo, la eficiencia depurativa de este tipo de tratamiento de aguas residual mediante sistemas anaerobios depende directamente de un riguroso control en la operación y mantenimiento sin esto la eficiencia del tratamiento no es garantizada.

5.2 Recomendaciones

- Se sugiere realizar un mantenimiento constante de las PTARs, lo cual ayudará a la eficiencia de los sistemas depurativos para el cumplimiento de los límites permisibles de descarga al cuerpo de agua natural; además de generar beneficios socio-ambientales inmiscuyendo a los habitantes de la comunidad para generar soluciones ante problemáticas previamente identificadas.
- Es necesario la implementación de Biofiltros para el control y mitigación de malos olores, los mismos que son absorbidos y degradados biológicamente por la población microbiana transformándolos a CO₂.
- También es recomendable implementar Ozono que actúa como un agente oxidante al eliminar las moléculas generadoras de malos olores rompiendo totalmente los enlaces.
- Es necesario aplicar el método de olfatometría dinámica para la medición de olores en cada PTAR, para monitorear la magnitud de las emisiones.

REFERENCIAS

- Abdullah, N., Yuzir, A., Curtis, T., Yahya, A., y Ujang, Z. (2013). Characterization of aerobic granular sludge treating high strength agro-based wastewater at different volumetric loadings. *Bioresource technology*, 127,181-187.
- Alvarado, A., Larriva, J., Sánchez, E., Idrovo, D., y Cisneros, J. (2017). Assessment of decentralized wastewater treatment systems in the rural area of Cuenca, Ecuador. *Water Practice and Technology*, 12(1), 240-249.
- Amaral, F., Kato, M., Florêncio, L., y Gavazza, S. (2014). Color, organic matter and sulfate removal from textile effluents by anaerobic and aerobic processes. *Bioresource technology*, 163, 364-369. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.026>
- Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Asamblea Nacional. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Badr, R., Holail, H., y Olama, Z. (2014). Water quality assessment of Hasbani River in South Lebanon: Microbiological and chemical characteristics and their impact on the ecosystem. *Journal of Global Biosciences*, 3(2), 536-551.
- Barreto., P. (2010). Protocolo de Monitoreo de Agua (001). Recuperado de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf
- Beghi, S., Santos, J., Reis, N., de Sá, L., Goulart, E., y de Abreu Costa, E. (2012). Impact Assessment of Odours Emitted by a Wastewater Treatment Plant. *Water Science and Technology*, 66(10), 2223-2228.
- Bejarano, M., y Escobar, M. (2015). *Eficiencia del Uso de Microorganismos para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en una Planta de*

Tratamiento de Agua Residual (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá

- Bueno, A., Torres, P., y Delgado, L. (2014). Monitoring and Measurement by Stabilization Indices of pH Adjustment of Treated Water from the Cauca River. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 563-575.
- Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T., Bastiaensen, J., y Foggin, M. (2014). Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science*, 2, 26.
- Cabral, P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3657-3703.
- Cardona, J. y García, L. (2008). *Evaluación del Efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) Sobre la Calidad de un Agua Residual Doméstica* (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Carrillo., A. (2006). *Comportamiento de las variables de producción limpia en predios lecheros de alta producción de la Décima Región* (Tesis Pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
- Castillejo, W., y Aquino, J. (2017). Remoción de contaminantes físico químicos y microbiológicos de un efluente de un tanque séptico mediante un sistema tipo esponjas endurecidas, en la localidad de Marian–Huaraz 2016.
- Centeno, L., Quintana, A., y López, F. (2019). Effect of a microbial consortium on the effectiveness of wastewater treatment, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 433-446.
- Cockx, A., Do-Quang, Z., Audic, J., Liné, A., y Roustan, M. (2001). Global and local mass transfer coefficients in wastewater treatment process by computational fluid dynamics. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensific*

- Coma, M., Verawaty, M., Pijuan, M., Yuan, Z., y Bond, P. (2012). Enhancing aerobic granulation for biological nutrient removal from domestic wastewater. *Bioresource technology*, 103(1), 101-108.
- Corominas, L., Foley, J., Guest, J. S., Hospido, A., Larsen, H. F., Morera, S., y Shaw, A. (2013). Life cycle assessment applied to wastewater treatment: state of the art. *Water research*, 47(15), 5480-5492.
- Chávez, A., Velázquez, M., Pimentel, J., Venegas, J., Montañez, J. y Vázquez, G. (2011). Hydrochemistry of surface water in the cienega of Chapala and water quality index. *Terra Latinoamericana*, 29(1), 83-94.
- Chen, H., y Zhang, M. (2013). Occurrence and removal of antibiotic resistance genes in municipal wastewater and rural domestic sewage treatment systems in eastern China. *Environment international*, 55, 9-14.
- Da Cámara, L., Hernández, M., Paz, L. y Gómez, M. (2014). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias.
- Delfiyana, M., Umar, S., y Ginting, N. (2018). Isolation and Characteristics of Corn-Based Cellulolytic Fungi as Fibrous Feed Bioactivators. *Jurnal Peternakan Integratif*, 6(3).
- Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Nelson Antequera.
- Farabegoli, G., Chiavola, A., y Rolle, E. (2009). The Biological Aerated Filter (BAF) as alternative treatment for domestic sewage. Optimization of plant performance. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3), 1126-1132.
- Ferree, A., y Shannon, R. (2001). Evaluation of a second derivative UV/visible spectroscopy technique for nitrate and total nitrogen analysis of wastewater samples. *Water Research*, 35(1), 327-332.
- Gallardo, J. y Veintimilla, F. (2015). Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick. *ARNALDOA*, 20(2), 433-444.

- García, F., Palacio, C., y García, U. (2012). Water Quality at Santa Marta Coastal Area (Colombia). *DYNA*, 79(173), 85-94.
- Gavilánez, F. (2017). Influencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito, Ecuador. *Manglar*, 12(2), 21-29.
- Gobierno Autónomo Otavalo (2012) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Otavalo.
- González, C., León, C., y García, P. A. (2008). Different pretreatments for increasing the anaerobic biodegradability in swine manure. *Bioresource Technology*, 99(18), 8710-8714.
- Grefa, G. (2013). *Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales– Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnico de Chimborazo, Riobamba.
- Hao, T., Xiang, P., Mackey, H., Chi, K., Lu, H., Chui, H., y Chen, G. (2014). A review of biological sulfate conversions in wastewater treatment. *Water research*, 65, 1-21.
- Herrera, O. y Corpas, E. (2013). Reducción de la Contaminación en Agua Residual Industrial Láctea utilizando microorganismos benéficos. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial: BSAA*, 11(1), 57-67.
- Hurtado, Q. y Belén, S. (2020). *Diseño de un sistema para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias en el cantón mejía, provincia de Pichincha* (Tesis de pregrado): Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Cotopaxi.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2013). NTE INEN 2169. Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. 2169, 20. Recuperado: <http://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/2012/10/NTE-INEN->

- Igbinosa, E., y Okoh, A. (2009). Impact of discharge wastewater effluents on the physico-chemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(2), 175-182.
- Jin, M., Wang, X., Gong, T., Gu, C., Zhang, B., Shen, Z., y Li, J. (2005). A novel membrane bioreactor enhanced by effective microorganisms for the treatment of domestic wastewater. *Applied microbiology and biotechnology*, 69(2), 229-235.
- Jelic, A., Gros, M., Ginebreda, A., Cespedes, R., Ventura, F., Petrovic, M., y Barcelo, D. (2011). Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment. *Water research*, 45(3), 1165-1176.
- Koné, D. (2010). Making urban excreta and wastewater management contribute to cities' economic development: a paradigm shift. *Water Policy*, 12(4), 602-610.
- Le Hyaric, R., Canler, J., Barillon, B., Naquin, P., y Gourdon, R. (2010). Pilot-scale anaerobic digestion of screenings from wastewater treatment plants. *Bioresource technology*, 101(23), 9006-9011
- Leal, J., Panta, C., Ferrín, A., Cabo, P. y Rodríguez, Z. (2015). Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, (1), 27-42.
- López, M. (2007). Cluster Analysis for Establishment the Quality of Superficial Water. *ChEISN*, 1(1), 8-14.
- Lorenzo, E., Ocaña, J., García, L., y Venta, M. (2010). Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de

laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41(1), 49-56.

Lozada, P., Vélez, C. y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 8(15), 3.

Macchiavello, E. M. (2013). Estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de Irlanda y su impacto en el medioambiente. *Ingeniería Industrial*, (31), 141-163.

Madsen, M., Holm, B., y Esbensen, H. (2011). Monitoring of anaerobic digestion processes: A review perspective. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(6), 3141-3155.

Massoud, M., Tarhini, A., y Nasr, J. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of environmental management*, 90(1), 652-659.

MEGAENTORNO. (2017). AC - AQA. Quito. Ecuador.

Montoya, J. (2017). *Evaluación de la eficiencia de remoción en los parámetros de demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización la joya etapa platino, ubicada ssen el cantón Daule, de la provincia del Guayas* (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

Miron, A., Dumitrescu, I., Albu, P., y Constantin, M. (2015). Use of micropan complex and eparcyl pro bioactivators for pharmaceutical wastewaters treatment. *PB Sci. Bull*, 77(3), 175.

Namasivayam, S., Narendrakumar, G., y Kumar, J. A. (2011s). Evaluation of Effective Microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. *Journal of Experimental Sciences*, 2 (7).

- Noyola, A., Padilla, A., Morgan, M., Güereca, P., y Hernández, F. (2012). Typology of municipal wastewater treatment technologies in Latin America. *Clean–Soil, Air, Water*, 40(9), 926-932.
- Organización para las Naciones Unidas (ONU). (2005). *Objetivos del desarrollo del Milenio. Una mirada desde América Latina y el Caribe*. Recuperado de: [http:// www.oei.es/genero/documentos/internacionales/ _AL.pdf](http://www.oei.es/genero/documentos/internacionales/_AL.pdf).
- ORIUS BIOTECH. (2017). Masclean (MC). Guayaquil. Ecuador.
- Pasaje, A., y Palacios, C. (2018). Evaluación de remoción de carga contaminante con sistema piloto para tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Panepinto, D., Fiore, S., Zappone, M., Genon, G., y Meucci, L. (2016). Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy. *Applied Energy*, 161, 404-411.
- Penn, M., Pauer, J., y Mihelcic, J. (2009). Biochemical oxygen demand. *Environmental and ecological chemistry*, 2, 278-297.
- Pinto, L., y Quipuzco, L. (2015). Use of domestic wastewater for the production of biogas and organic fertilizer using anaerobic reactors of daily supply. *In Anales Científicos*, 76(1), 87-93.
- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador (Clima, precipitaciones, escorrentía)*. Quito, Ecuador: Corporación Editorial Nacional.
- Posavac, S., Landeka, T., y Zanoški, M. (2010). The improvement of dairy wastewater treatment efficiency by the addition of bioactivator. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 60(3), 198-206.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017 - 2021.

- Pascu, D., Modrojan, C., Miron, A., Albu, P., Clej, D., Pascu, M., y Caprarescu, S. (2015). Use of Mathematical Modelling in Water and Wastewater Area. *REVISTA DE CHIMIE*, 66(12), 1950-1955.
- Posavac, S., Landeka, T., y Zanoški Hren, M. (2010). La mejora de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales lecheras mediante la adición de bioactivador. *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 60 (3), 198-206.
- Pradeep, V., Deepika, C., Urvi, G., y Hitesh, S. (2012). Water quality analysis of an organically polluted lake by investigating different physical and chemical parameters. *International J of Research in Chemistry and Environment*, 2(1), 105-1
- Ramón, V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 12(2), 58-69.
- Revelo, D., Hurtado, N., Ruiz, J. y López, S. (2015). Uso de Microorganismos Nativos en la Remoción Simultánea de Materia Orgánica y Cr (VI) en una Celda de Combustible Microbiana de Biocátodo (CCM). *Información tecnológica*, 26(6), 77-88.
- Romero, A., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, M. (2009). Wastewater treatment by an artificial wetlands pilot system: evaluation of the organic charge removal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157-167.
- Romero, T. y Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 38(3), 88-100.
- Ruzhitskaya, O., y Gogina, E. (2014). Intensifying the processes of wastewater purification from phosphates and organic impurities. In *Advanced Materials Research*. 919, 2141-2144.
- Sáenz, L., Zambrano, D. y Calvo, J. (2016). Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(2), 137-149.
- Sáenz, R, y Correa, J. (2018). Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema anaerobio para comunidades rurales. In *Conference Proceedings*, 2, 2.

- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., y Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, 1-13.
- SENAGUA. (2011). Calidad del agua en el Ecuador. Secretaría Nacional del Agua. Quito – Ecuador.
- Silva, J., Torres, P. y Madera, C. (2008). Domestic wastewater reuse in agriculture. A review. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359.
- Smith, A., Stadler, L., Love, N., Skerlos, S., y Raskin, L. (2012). Perspectives on anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater: a critical review. *Bioresource technology*, 122, 149-159.
- Sumiyati, S. (2017). Detecting the Reduction of Total Suspended Solid in Domestic Wastewater Through Addition the EM4. *Advanced Science Letters*, 23(3), 2333-2335.
- Suryawan, I., Prajati, G., Afifah, A., Apritama, M., y Adicita, Y. (2019). Continuous Piggery Wastewater Treatment With Anaerobic Baffled Reactor (Abr) by Bio-Activator Effective Microorganisms (EM4). *Indonesian Journal of Urban And Environmental Technology*, 3(1), 1-12.
- Torres, P. (2012). Perspectiva del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *EIA*, 9 (18), 115-129
- Torres, P. (2018). Caudales, aforos y cálculos de las persistencias. Recuperado de: <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/340>
- Torres, P., Cardoso, A. y Rojas, O. (2011). Mejoramiento de la calidad de lodos anaerobios. Influencia de la adición de Cloruro Férrico. *Ingeniería y Competitividad*, 5(2), 23-31.
- Valencia, E., Alfredo, R., y Romero, J. (2012). Potential reuse of effluent from the nátaga municipality wastewater treatment plant for the crop of cocoa

(*Theobroma cocoa* L.). *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 15(1), 77-86.

Vargas, L., Pedro (2006). *Efecto de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas servidas del C.P Huaripampa Olleros*. (Tesis de Maestría). Universidad nacional del centro del Perú, Huaraz, Perú.

Velasco, J. (2017). *Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus*, Ecuador. (Tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito

Wang, L., Guo, F., Zheng, Z., Luo, X., y Zhang, J. (2011). Enhancement of rural domestic sewage treatment performance, and assessment of microbial community diversity and structure using tower vermifiltration. *Bioresource technology*, 102(20), 9462-9470.

Wijekoon, K., Visvanathan, C., y Abeynayaka, A. (2011). Effect of organic loading rate on VFA production, organic matter removal and microbial activity of a two-stage thermophilic anaerobic membrane bioreactor. *Bioresource Technology*, 102(9), 5353-5360.

Yoo, R., Kim, J., McCarty, P., y Bae, J. (2012). Anaerobic treatment of municipal wastewater with a staged anaerobic fluidized membrane bioreactor (SAF-MBR) system. *Bioresource technology*, 120, 133-139.

Zhidong, L., Yong, Z., Xincheng, X., Lige, Z., y Dandan, Q. (2009). Study on Anaerobic/Aerobic Membrane Bioreactor Treatment for Domestic Wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(5).

ANEXOS 1

Tabla 1: Fichas ambientales, cronogramas del proceso de dosificación y resultado de análisis de agua antes y durante las dosificaciones.

Anexo 1.1

Ficha Ambiental

Estado de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas “El Obraje”

PROYECTO: Evaluación de la eficiencia de bioactivadores como depuradores en plantas de tratamiento de aguas residuales, cantón Otavalo provincia de Imbabura.

UBICACIÓN DEL PROYECTO: Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura

Localización de la PTAR N° 1: Parroquia Dr. Miguel Egas Cabezas, Comunidad/ Barrio Cachiviro.

Duración del proyecto: 1 año

Impactos claves durante:

La depuración de la PTAR

- Presencia de externalidades ambientales; como malos olores, ante la lenta desintegración de materia orgánica.
- Existencia de mosquitos.

La implementación de bioactivadores

- Molestia de la comunidad ante la presencia de personas externas (tesista).

Componentes de aplicación

B1(MC)

Medidas de mitigación

- Implementación de Bioactivador B1.
- Monitoreo de aguas residuales de entrada y salida de PTAR.
- Inspecciones de las áreas verdes tanto dentro como fuera de la PTAR.
- Implementación de especies que actúen como barrera de olores.

Actividades a desarrollar

Recolección de muestras de afluente para tener conocimiento del estado de la PTAR antes de la aplicación del B1.

Se realizará un monitoreo mensual de entrada y salida (afluente y efluente) cada fin de mes durante un periodo de tres meses.

Inspecciones semanales para verificar el estado de las PTAR, previo a la dosificación semanal del B1.

Monitoreo de implementación

Aplica durante las diferentes etapas de dosificación del B1.

Responsable

Farinango Vallejos Clara Katherine (Tesisista).

Monitoreo y control

Cronograma de actividades de dosificación.

Registro de cambios de manera semanal durante las dosificaciones.

Registro fotográfico.

Anexo 1.2

Ficha Ambiental

Estado de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

“Cachiviro”

PROYECTO: Evaluación de la eficiencia de bioactivadores como depuradores en plantas de tratamiento de aguas residuales, cantón Otavalo provincia de Imbabura.

UBICACIÓN DEL PROYECTO: Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura

Localización de la PTAR N° 2: Parroquia San Rafael, Comunidad/ Barrio Cachiviro.

Duración del proyecto: 1 año

Impactos claves durante:

La depuración de la PTAR

- Presencia de externalidades ambientales; como malos olores; causado ante la lenta desintegración de materia orgánica.
- Presencia de mosquitos
- Tapas desgastadas

- Filtros tapados.

Componentes de aplicación de bioactivador

B2(AC)

Medidas de mitigación

- Implementación de Bioactivador B1.
- Monitoreo de aguas residuales de entrada y salida de PTAR.
- Inspecciones de las áreas verdes tanto dentro como fuera de la PTAR.
- Implementación de especies que actúen como barrera de olores.

Actividades a desarrollar

Recolección de muestras de afluente para tener conocimiento del estado de la PTAR antes de la aplicación del B2.

Se realizará un monitoreo mensual de entrada y salida (afluente y efluente) cada fin de mes durante un periodo de tres meses.

Inspecciones semanales para verificar el estado de las PTAR, previo a la dosificación semanal del B2.

Monitoreo de implementación

Aplica durante las diferentes etapas de dosificación del B2.

Responsable

Farinango vallejos clara Katherine (tesista).

Monitoreo y control

Cronograma de actividades de dosificación.

Registro de cambios de manera semanal durante las dosificaciones.

Registro Fotográfico.

Anexo 2

Tabla 2. Cronograma de Actividades

Anexo 2.1

Cronograma de Actividades																																		
Dosificación del Bioactivador (B2) en la PTAR Comunidad / Barrio "CACHIVIRO"																																		
MES UNO										MES DOS										MES TRES														
S1		S2			S3			S4		S1		S2			S3			S4		S1		S2			S3			S4						
l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v
x			*		x			*		x			*		x			*		x			*		x			*		x			*	

Anexo 2.2

Cronograma de Actividades																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Dosificación del Bioactivador (B1) en la PTAR Comunidad / Barrio "EL OBRAJE"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
MES UNO										MES DOS										MES TRES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
S1					S2					S3			S4	S1					S2					S3			S4					S1					S2					S3			S4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x				x	x	

Detalle de simbología

	Muestreo
x	Dosificación
*	Inspecciones

Anexo 3

Anexo 3.1. Resultados obtenidos antes y después de la implementación de bioactivadores de la PTAR “EL OBRAJE”

Parámetro	expresado como	Unidad de medida	Análisis 0			Análisis (mes 1)			Análisis (mes2)			Análisis (mes 3)			
			Límite máximo permisible *	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento
Características físicas															
Conductividad		µs/cm	No indica	821	768	No aplica	725	672	No aplica	931	797	No aplica	725	957	No aplica
			**												
Color real	Color real	Pt-co	inapreciable en dilución: 1/20	305	82	No aplica	162	141	No aplica	149	173	No aplica	162	170	No aplica
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6 - 9	7,62	7,60	No aplica	8,12	7,60	Cumple	7,42	7,44	Cumple	8,12	8,00	No aplica
Sólidos totales	St	Mg/l	1600	968	474	Cumple	620	416	Cumple	820	490	Cumple	620	576	Cumple
Sólidos suspendidos	Sst	Mg/l	130	474,00	37,04	Cumple	162,00	42	Cumple	220,00	29,33	Cumple	162,00	16	No aplica
Sólidos totales disueltos	Sdt	Mg/l	No indica	485	430	No aplica	409	378	No aplica	528	454	No aplica	409	400	No aplica

Temperatura	c°	Unidades	Condición natural ±3	16,6	18,80	No aplica	18,4	18,50	No aplica	18,5	18,00	No aplica	18,4	18,10	No aplica
Turbiedad	Ntu	Unidades	No indica	421	32,2	No aplica	198	50,4	No aplica	258	25,3	No aplica	198	19,8	No aplica
Características químicas															
Oxígeno disuelto	O	Mg/l	No indica	0,27	0,41	No aplica	2,73	0,33	No aplica	0,32	0,19	No aplica	0,33	0,30	No aplica
Fósforo total	P-po ₄	Mg/l	10,0	6,10	6,25	Cumple	4,50	6,25	Cumple	6,60	4,20	Cumple	6,25	6,08	Cumple
Hierro total	Fe	Mg/l	10,0	0,50	0,20	Cumple	0,20	0,20	Cumple	0,30	0,30	Cumple	0,20	0,20	Cumple
Manganeso total	Mn	Mg/l	2,0	0,07	0,060	Cumple	0,03	0,09	Cumple	0,09	0,08	Cumple	0,09	0,09	Cumple
Nitrógeno amoniacal	N-nh ₃	Mg/l	30,0	38,75	33,50	No aplica	29,50	28,50	Cumple	49,25	35,25	Cumple	28,50	30,00	Cumple
Sulfatos	so ₄ ⁻²	Mg/l	1000	60,00	40,00	No aplica	74	38	Cumple	10	10	Cumple	38	6	Cumple
Sulfuros	s ⁻²	Mg/l	0,5	0,575	0,150	Cumple	0,325	0,525	Cumple	0,325	0,250	No cumple	0,525	0,006	Cumple
Demanda química de oxígeno	DQO	Mg/l	200	1121	152	Cumple	763	421	No aplica	802	149	Cumple	421	142	Cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	Mg/l	100	550	90	Cumple	350	95	Cumple	400	85	Cumple	95	36	Cumple
Características microbiológico															
Coliformes totales	Nmp	N.m.p/100 ml	No indica	579400	96000	No aplica	198900	133300	No aplica	88000	115300	No aplica	880000	92.000.00	No aplica

E. Coli	Nmp	N.m.p/1 00 ml	10000	290900 00	71200 00	No cumple	733000 0	471000 0	No cumple	76700 00	563000 0	No cumple	435200 00	4106000 0	No cumple
----------------	-----	------------------	-------	--------------	-------------	------------------	-------------	-------------	------------------	-------------	-------------	------------------	--------------	--------------	-----------

Anexo 3.2. Resultados obtenidos antes y después de la implementación de bioactivadores de la PTAR “CACHIVIRO”

		Análisis 0					Análisis (mes 1)			Análisis (mes2)			Análisis (mes 3)		
Parámetro	expresado como	Unidad de medida	Límite máximo permisible *	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento	Entrada	Salida	Cumplimiento
Características físicas															
Conductividad		μs/cm	No indica	880	917	No aplica	933	964	No aplica	1007	900	No cumple	823	811	No aplica
Color real	Color real	Pt-co	** inapreciable en dilución: 1/20	131	177	No cumple	164	332	No cumple	180	240	No aplica	329	273	No cumple
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6 - 9	7,80	7,22	Cumple	7,96	6,92	Cumple	8,08	7,15	Cumple	7,98	7,28	Cumple
Sólidos totales	St	Mg/l	1600	1252	532	Cumple	840	656	Cumple	692	596	Cumple	536	580	Cumple
Sólidos suspendidos	Sst	Mg/l	130	416,30	114,4	Cumple	331,67	142,00	No cumple	171,43	166,67	No cumple	140,00	106,67	Cumple
Sólidos totales disueltos	Sdt	Mg/l	No indica	431	377	No aplica	502	505	No aplica	520,57	429,33	No aplica	396,00	473,33	No aplica
Temperatura	C°	Unidades	Condición natural ±3	20,1	19,50	No aplica	19,1	18,60	Cumple	19,4	19,20	Cumple	20,4	19,90	No aplica
Turbiedad	Ntu	Unidades	No indica	692	110,0	No aplica	365	139,0	No aplica	215	140,0	No aplica	177	104,0	No aplica

Características químicas															
Oxígeno disuelto	O	Mg/l	No indica	0,18	0,26	No aplica	0,82	0,83	No aplica	0,97	0,54	No aplica	1,65	0,33	No aplica
Fósforo total	P-po ₄	Mg/l	10,0	3,30	4,80	Cumple	6,20	6,80	Cumple	6,40	6,20	Cumple	3,90	5,00	Cumple
Hierro total	Fe	Mg/l	10,0	0,00	0,09	Cumple	0,04	0,01	Cumple	0,03	0,01	Cumple	0,00	0,05	Cumple
Manganeso total	Mn	Mg/l	2,0	0,28	0,103	Cumple	0,058	0,117	Cumple	0,051	0,098	Cumple	0,06	0,119	Cumple
Nitrógeno amoniacal	N-nh ₃	Mg/l	30,0	32,50	46,50	No cumple	59,50	61,50	No cumple	63,25	52,25	No cumple	44,50	43,75	No cumple
Sulfatos	so ₄ ⁻²	Mg/l	1000	36	30	Cumple	53	3	Cumple	45	14	Cumple	35	30	Cumple
Sulfuros	s ⁻²	Mg/l	0,5	0,260	0,980	No cumple	0,495	0,375	No cumple	0,330	1,950	No cumple	0,034	0,125	No cumple
Demanda química de oxígeno	DQO	Mg/l	200	816	371	No cumple	763	421	No cumple	502	399	No cumple	408	305	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	Mg/l	100	540	210	No cumple	540	250	No cumple	300	200	No cumple	280	170	No cumple
Características microbiológicas															
Coliformes totales	Nmp	N.m.p/ 100 ml	No indica	43520 000	41060 000	No aplica	32550 000	29090 000	No aplica	36540 000	43520 000	No aplica	405 000	2880000 00	No aplica
E. Coli	Nmp	N.m.p/ 100 ml	10000	26130 000	15410 000	No cumple	16700 000	16640 000	No cumple	12500 000	14830 000	No cumple	1176000 000	1225000 000	No cumple

Anexo 4

Reporta los resultados de la medición del caudal de ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbicas “El Obraje” en un periodo estacional denominado” fin de semana” (sábado) y sin precipitaciones durante los meses de enero(c), febrero(d), marzo(e) y abril (f), año 2017

Anexo 4.1

Enero				
T_k	$(T_k+T_{k+1})/2$	Q_i	$(Q_i+Q_{i+1})/2$	$(Q_i+Q_{i+1})/2*(T_{k+1}-T_k)$
7:00	7:15	2	2	1,00
7:30	7:45	2	2	1,00
8:00	8:15	2	2	1,00
8:30	8:45	2	1,95	0,97
9:00	9:15	1,9	2	1,00
9:30	9:45	2,1	2,05	1,03
10:00	10:15	2	2	1,00
10:30	10:45	2	2	1,00
11:00	11:15	2	2,05	1,03
11:30	11:45	2,1	2,05	1,03
12:00	12:15	2	2	1,00
12:30	12:45	2	2,1	1,05
13:00	13:15	2,2	2,05	1,03
13:30	13:45	1,9	1,95	0,98
14:00	14:15	2	1,8	0,90
14:30	14:45	1,6	1,7	0,85
15:00	15:15	1,8	1,9	0,95
15:30	15:45	2	2	1,00
16:00	16:15	2	1,9	0,95
16:30	16:45	1,8	1,95	0,98
17:00	17:15	2,1	2,1	1,05
17:30	17:45	2,1	2	1,00
18:00	18:15	1,9	1,95	0,98
18:30		2		

Anexo 4.2

Febrero				
T_k	$(T_k+T_{k+1})/2$	Q_i	$(Q_i+Q_{i+1})/2$	$(Q_i+Q_{i+1})/2*(T_{k+1}-T_k)$
7:00	7:15	1,9	1,9	0,95
7:30	7:45	1,9	1,95	0,97

8:00	8:15	2	2,05	1,03
8:30	8:45	2,1	2,05	1,03
9:00	9:15	2	2	1,00
9:30	9:45	2	2	1,00
10:00	10:15	2	1,95	0,97
10:30	10:45	1,9	1,9	0,95
11:00	11:15	1,9	1,95	0,98
11:30	11:45	2	2,05	1,03
12:00	12:15	2,1	2,05	1,03
12:30	12:45	2	2	1,00
13:00	13:15	2	2	1,00
13:30	13:45	2	2	1,00
14:00	14:15	2	2	1,00
14:30	14:45	2	1,95	0,98
15:00	15:15	1,9	1,95	0,98
15:30	15:45	2	1,9	0,95
16:00	16:15	1,8	1,9	0,95
16:30	16:45	2	1,99	1,00
17:00	17:15	1,98	2,04	1,02
17:30	17:45	2,1	2,1	1,05
18:00	18:15	2,1	2	1,00
18:30		1,9		

Anexo 4.3

Marzo				
T_k	$(T_k+T_{k+1})/2$	Q_i	$(Q_i+Q_{i+1})/2$	$(Q_i+Q_{i+1})/2*(T_{k+1}-T_k)$
7:00	7:15	2,1	2,05	1,03
7:30	7:45	2	1,95	0,97
8:00	8:15	1,9	1,9	0,95
8:30	8:45	1,9	1,9	0,95
9:00	9:15	1,9	1,95	0,97
9:30	9:45	2	2	1,00
10:00	10:15	2	2	1,00
10:30	10:45	2	1,95	0,97
11:00	11:15	1,9	1,95	0,98
11:30	11:45	2	2,1	1,05
12:00	12:15	2,2	2,15	1,08
12:30	12:45	2,1	2	1,00
13:00	13:15	1,9	1,95	0,98
13:30	13:45	2	2,05	1,03
14:00	14:15	2,1	1,95	0,97
14:30	14:45	1,8	1,8	0,90
15:00	15:15	1,8	1,85	0,93
15:30	15:45	1,9	1,95	0,97

16:00	16:15	2	1,9	0,95
16:30	16:45	1,8	1,9	0,95
17:00	17:15	2	2	1,00
17:30	17:45	2	2,05	1,03
18:00	18:15	2,1	2,05	1,03
18:30		2		

Anexo 4.4

Abril				
T_k	$(T_k + T_{k+1}) / 2$	Q_i	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2$	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2 * (T_{k+1} - T_k)$
7:00	7:15	2	2	1,00
7:30	7:45	2	2,1	1,05
8:00	8:15	2,2	2,2	1,10
8:30	8:45	2,2	2,1	1,05
9:00	9:15	2	2,05	1,03
9:30	9:45	2,1	2,05	1,03
10:00	10:15	2	1,9	0,95
10:30	10:45	1,8	1,9	0,95
11:00	11:15	2	2,05	1,03
11:30	11:45	2,1	2,2	1,10
12:00	12:15	2,3	2,15	1,08
12:30	12:45	2	2,05	1,03
13:00	13:15	2,1	2,1	1,05
13:30	13:45	2,1	2,05	1,03
14:00	14:15	2	1,85	0,92
14:30	14:45	1,7	1,75	0,88
15:00	15:15	1,8	1,9	0,95
15:30	15:45	2	1,95	0,97
16:00	16:15	1,9	1,9	0,95
16:30	16:45	1,9	1,85	0,93
17:00	17:15	1,8	1,95	0,97
17:30	17:45	2,1	2,05	1,03
18:00	18:15	2	2,05	1,03
18:30		2,1		

Reporta los resultados de la medición del caudal de ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales anaerobias “Cachiviro”, en un periodo estacional denominado “fin de semana” (sábados) y sin precipitaciones durante los meses de enero(g), febrero(h), marzo(i) y abril(j), año 2019

Anexo 4.5

Enero					
T_k	$(T_k + T_{k+1}) / 2$	Q_i	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2$	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2 * (T_{k+1} - T_k)$	
7:00		7:15 2,1	2,05	1,03	
7:30		7:45 2	2,05	1,03	
8:00		8:15 2,1	2,05	1,03	
8:30		8:45 2	1,9	0,95	
9:00		9:15 1,8	1,95	0,97	
9:30		9:45 2,1	2,05	1,03	
10:00		10:15 2	2	1,00	
10:30		10:45 2	2	1,00	
11:00		11:15 2	2,1	1,05	
11:30		11:45 2,2	2,1	1,05	
12:00		12:15 2	1,95	0,98	
12:30		12:45 1,9	2,05	1,03	
13:00		13:15 2,2	2,1	1,05	
13:30		13:45 2	2,05	1,03	
14:00		14:15 2,1	1,85	0,92	
14:30		14:45 1,6	1,7	0,85	
15:00		15:15 1,8	1,9	0,95	
15:30		15:45 2	1,95	0,97	
16:00		16:15 1,9	1,85	0,93	
16:30		16:45 1,8	1,9	0,95	
17:00		17:15 2	2,05	1,03	
17:30		17:45 2,1	2	1,00	
18:00		18:15 1,9	1,95	0,98	
18:30		2			

Anexo 4.6

Febrero					
T_k	$(T_k + T_{k+1}) / 2$	Q_i	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2$	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2 * (T_{k+1} - T_k)$	
7:00		7:15 2	1,95	0,97	
7:30		7:45 1,9	1,95	0,97	
8:00		8:15 2	2,05	1,03	
8:30		8:45 2,1	2	1,00	
9:00		9:15 1,9	1,95	0,97	
9:30		9:45 2	2	1,00	
10:00		10:15 2	1,95	0,97	
10:30		10:45 1,9	1,9	0,95	
11:00		11:15 1,9	1,95	0,98	
11:30		11:45 2	2,15	1,08	
12:00		12:15 2,3	2,15	1,08	
12:30		12:45 2	2,05	1,03	

13:00	13:15	2,1	2	1,00
13:30	13:45	1,9	1,95	0,98
14:00	14:15	2	2	1,00
14:30	14:45	2	1,9	0,95
15:00	15:15	1,8	1,85	0,93
15:30	15:45	1,9	1,8	0,90
16:00	16:15	1,7	1,8	0,90
16:30	16:45	1,9	1,95	0,98
17:00	17:15	2	2,05	1,03
17:30	17:45	2,1	2,15	1,08
18:00	18:15	2,2	2,05	1,03
18:30		1,9		

Anexo 4.7

Marzo				
T_k	$(T_k + T_{k+1}) / 2$	Q_i	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2$	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2 * (T_{k+1} - T_k)$
7:00	7:15	2,1	2,05	1,03
7:30	7:45	2	2	1,00
8:00	8:15	2	1,95	0,98
8:30	8:45	1,9	1,95	0,97
9:00	9:15	2	2	1,00
9:30	9:45	2	2	1,00
10:00	10:15	2	2	1,00
10:30	10:45	2	1,95	0,97
11:00	11:15	1,9	1,95	0,98
11:30	11:45	2	2,05	1,03
12:00	12:15	2,1	2,1	1,05
12:30	12:45	2,1	2,05	1,03
13:00	13:15	2	2	1,00
13:30	13:45	2	2,1	1,05
14:00	14:15	2,2	2	1,00
14:30	14:45	1,8	1,75	0,88
15:00	15:15	1,7	1,85	0,93
15:30	15:45	2	1,95	0,97
16:00	16:15	1,9	1,84	0,92
16:30	16:45	1,78	1,84	0,92
17:00	17:15	1,9	1,95	0,97
17:30	17:45	2	2,05	1,03
18:00	18:15	2,1	2,1	1,05
18:30		2,1		




Anexo 4.8

Abril				
T_k	$(T_k + T_{k+1}) / 2$	Q_i	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2$	$(Q_i + Q_{i+1}) / 2 * (T_{k+1} - T_k)$
7:00	7:15	2	2,05	1,03
7:30	7:45	2,1	2,15	1,08
8:00	8:15	2,2	2,2	1,10
8:30	8:45	2,2	2,1	1,05
9:00	9:15	2	2,05	1,03
9:30	9:45	2,1	2,05	1,03
10:00	10:15	2	1,9	0,95
10:30	10:45	1,8	1,9	0,95
11:00	11:15	2	2,1	1,05
11:30	11:45	2,2	2,25	1,13
12:00	12:15	2,3	2,15	1,08
12:30	12:45	2	2,05	1,03
13:00	13:15	2,1	2,05	1,03
13:30	13:45	2	1,95	0,98
14:00	14:15	1,9	1,75	0,87
14:30	14:45	1,6	1,75	0,88
15:00	15:15	1,9	1,9	0,95
15:30	15:45	1,9	1,85	0,92
16:00	16:15	1,8	1,8	0,90
16:30	16:45	1,8	1,8	0,90
17:00	17:15	1,8	2	1,00
17:30	17:45	2,2	2,15	1,08
18:00	18:15	2,1	2,05	1,03
18:30		2		

Anexo 5

Análisis de aguas residuales de las plantas de tratamiento “El Obraje” y “Cachiviro”.

Análisis “Cachiviro”

LABORATORIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Fecha de recolección de las muestras: 14 de agosto del 2019
 Tipo de agua: residual
 Sistema de agua: Planta de tratamiento de aguas residuales de CACHIVIRO
 Recolectado por: Ing. Michael Bermúdez

Reporte: 96-2019 LABA-EMAPAO-EP

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	INGRESO A LA PTAR	SALIDA A LA PTAR	CUMPLIMIENTO DE LA MUESTRA DE LA SALIDA DE LA PTAR	% REMOCION EN LA PTAR	METODOLOGIA DE REFERENCIA
1) CARACTERISTICAS FISICAS							
COLOR REAL	Unidades Pt-Co	Inapreciable en dilución 1/20	164	332	No cumple (1)	-102,44	Standard Methods 2120 C
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	µS/cm	---	933	964	No aplica	-3,32	Standard Methods 2510 B
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	6 a 9	7,95	6,92	Cumple	---	Standard Methods 4500 H-B
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	---	502	505	No aplica	-0,60	Standard Methods 2540 C
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	130	331,67	142,00	No cumple	57,19	Standard Methods 2540 D
SOLIDOS TOTALES	mg/l	3600	840	656	Cumple	21,90	Standard Methods 2540 B
TEMPERATURA	°C	Condición natural ± 3	19,1	18,6	Cumple	---	---
TURBIDEZ	NTU	---	365	139	No aplica	61,92	Standard Methods 2130 B
2) DETERMINACION DE CONSTITUYENTES INORGANICOS METALICOS Y NO METALICOS							
FOSFORO (P-PG ₄)	mg/l	10,0 (2)	8,20	6,80	Cumple	-9,68	HACH 8048
HIERRO (Fe)	mg/l	10,0 (3)	0,04	0,01	Cumple	75,00	HACH 8008
MANGANESO (Mn)	mg/l	2,0	0,058	0,117	Cumple	-101,72	HACH 8149
NITROGENO AMONIACAL (N-NH ₄)	mg/l	30,0	19,5	61,50	No cumple	-3,36	HACH 8038
OXIGENO DISUELTO (DO)	mg/l	---	0,82	0,83	No aplica	---	Standard Methods 4500-O G
SULFATO (SO ₄)	mg/l	1000	53	3	Cumple	94,54	HACH 8051
SULFURO (S ²⁻)	mg/l	0,5	0,495	6,375	No cumple	-1187,88	HACH 8131
3) DETERMINACION DE COMPONENTES ORGANICOS							
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/l	200	763	421	No cumple	44,82	HACH 8000
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/l	100	540	250	No cumple	53,70	Standard Methods 5210 B
4) ANALISIS MICROBIOLOGICO							
COLIFORMES TOTALES	N.M.P./100 ml	---	32550000	29090000	No aplica	10,63	Standard Methods 9223 B
E. COLI	N.M.P./100 ml	2000 (4)	16700000	16640000	No cumple	0,36	---

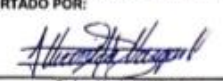
NORMA DE COMPARACION
 AM 097 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, ANEXO 1, TABLA 9: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

NOTAS
 (1) El cumplimiento del parámetro del color se estima considerando que el agua con una medida de color de 5 unidades Pt-Co es inapreciable para consumo, y este multiplicado por 20 daría 100 unidades Pt-Co como límite máximo para comparación.
 (2) El límite máximo corresponde a la determinación como fósforo total.
 (3) El límite máximo corresponde a la determinación como hierro total.
 (4) El límite máximo corresponde a la determinación como coliformes fecales.

ABREVIATURA
 N.M.P.: Número más probable

OBSERVACION
 a) El presente reporte corresponde a los valores encontrados en las muestras recolectadas.
 b) Se aplicó una dilución 1/100000 en las muestras recolectadas al ingreso y a la salida para la realización de los análisis microbiológicos.

ANALIZADO POR: Ing. Michael Bermúdez.
REPORTADO POR:


 Quím. Verónica Vargas
 LABORATORIO DE AGUA POTABLE
 Y ALCANTARILLADO

LABORATORIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Fecha de recolección de las muestras: 26 de septiembre de 2019

Tipo de agua: residual

Sistema de agua: Planta de tratamiento de aguas residuales de CACHIVIRO

Recolectado por: Ing. Michael Bermúdez

Reporte: 120-2019 LABA-EMAPAO-EP

PARAMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	INGRESO A LA PTARs	SALIDA A LA PTARs	CUMPLIMIENTO DE LA MUESTRA DE LA SALIDA DE LA PTARs	% REMOCIÓN EN LA PTARs	METODOLOGÍA DE REFERENCIA
1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS							
COLOR REAL	Unidades Pt-Co	Inapreciable en dilución 1/20	180	240	No cumple (1)	-33,33	Standard Methods 2120 C
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)	µS/cm	—	1007	900	No aplica	10,63	Standard Methods 2510 B
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	pH	6 a 9	8,08	7,15	Cumple	—	Standard Methods 4500 m-B
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	—	520,17	429,33	No aplica	17,53	Standard Methods 2540 C
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	300	171,43	166,67	No cumple	2,78	Standard Methods 2540 D
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	1000	692	596	Cumple	13,67	Standard Methods 2540 B
TEMPERATURA	°C	Condición natural ± 3	19,4	19,2	Cumple	—	—
TURBIDEZ	NTU	—	215	140	No aplica	34,88	Standard Methods 2130 B
2) DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS Y NO METÁLICOS							
FÓSFORO (P-PO ₄ ³⁻)	mg/l	10,0 (2)	6,40	6,20	Cumple	3,33	HACH 8048
HIERRO (Fe)	mg/l	10,0 (3)	0,03	0,03	Cumple	66,67	HACH 8008
MANGANESO (Mn)	mg/l	2,0	0,051	0,098	Cumple	-92,16	HACH 8149
NITRÓGENO AMONIACAL (N-NH ₃ ⁺)	mg/l	30,0	63,25	52,25	No cumple	17,39	HACH 8038
OXÍGENO DISUELTO (DO)	mg/l	—	0,97	0,54	No aplica	—	Standard Methods 4500-O G
SULFATO (SO ₄ ²⁻)	mg/l	1000	45	14	Cumple	68,89	HACH 8051
SULFURO (S ²⁻)	mg/l	0,5	0,130	1,950	No cumple	-490,93	HACH 8131
3) DETERMINACIÓN DE COMPONENTES ORGÁNICOS							
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	200	503	399	No cumple	20,52	HACH 8000
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/l	100	300	200	No cumple	33,33	Standard Methods 5210 B
4) ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO							
COLIFORMES TOTALES	N.M.P./100 ml	—	16540000	49520000	No aplica	-19,10	Standard Methods 9223 B
F. COLI	N.M.P./100 ml	2000 (4)	12500000	14830000	No cumple	-18,64	—

NORMA DE COMPARACIÓN

AM 097 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, ANEXO 1, TABLA 9: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

NOTAS

(1) El cumplimiento del parámetro del color se estima considerando que el agua con una medida de color de 5 unidades Pt-Co es inapreciable para consumo, y este multiplicado por 20 daría 100 unidades Pt-Co como límite máximo para comparación.

(2) El límite máximo corresponde a la determinación como fósforo total.

(3) El límite máximo corresponde a la determinación como hierro total.

(4) El límite máximo corresponde a la determinación como coliformes fecales

ABREVIATURA

N.M.P.: Número más probable

OBSERVACIÓN

a) El presente reporte corresponde a los valores encontrados en las muestras recolectadas.

b) Se aplicó una dilución 1/100000 en las muestras recolectadas al ingreso y a la salida para la realización de los análisis microbiológicos.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO REALIZADO POR: Ing. Michael Bermúdez

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO REALIZADO POR: Quím. Verónica Vargas

REPORTADO POR:



Quím. Verónica Vargas
LABORATORIO DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO

LABORATORIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Fecha de recolección de las muestras: 17 de octubre de 2019

Tipo de agua: residual

Sistema de agua: Planta de tratamiento de aguas residuales de Cachiviro

Recolectado por: Ing. Michael Bermúdez

Reporte: 125-2019 LABA-EMAPAO-EP

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	INGRESO A LA PTARs	SALIDA A LA PTARs	CUMPLIMIENTO DE LA MUESTRA DE LA SALIDA DE LA PTARs	% REMOCION EN LA PTARs	METODOLOGIA DE REFERENCIA
1) CARACTERISTICAS FISICAS							
COLOR REAL	Unidades Pt-Co	Inapreciable en dilución 1/20	329	273	No cumple (1)	17,02	Standard Methods 2120 C
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)	µs/cm	---	823	811	No aplica	1,46	Standard Methods 2510 B
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	6 ± 9	7,98	7,38	Cumple		Standard Methods 4500 H-B
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	---	396,00	473,33	No aplica	-19,53	Standard Methods 2540 C
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	130	140,00	106,67	Cumple	23,81	Standard Methods 2540 D
SOLIDOS TOTALES	mg/l	1600	536	580	Cumple	-8,21	Standard Methods 2540 B
TEMPERATURA	°C	Condición natural a 3	20,4	19,9	Cumple		
TURBIDEIDAD	NTU	---	177	104,0	No aplica	41,24	Standard Methods 2130 B
2) DETERMINACION DE CONSTITUYENTES INORGANICOS METALICOS Y NO METALICOS							
FOSFORO (P-PO ₄ ³⁻)	mg/l	10,0 (2)	3,90	5,00	Cumple	-28,21	HACH 8048
HIERRO (Fe)	mg/l	10,0 (3)	< 0,01	0,05	Cumple	Indeterminada	HACH 8008
MANGANESO (Mn)	mg/l	3,0	0,055	0,119	Cumple	-116,36	HACH 8149
NITROGENO AMONIACAL (N-NH ₃ ⁺)	mg/l	30,0	44,50	43,75	No cumple	1,69	HACH 8038
OXIGENO DISUELTO (OD)	mg/l	---	1,65	0,33	No aplica		Standard Methods 4500-O G
SULFATO (SO ₄ ²⁻)	mg/l	1000	35	30	Cumple	14,29	HACH 8051
SULFURO (S ²⁻)	mg/l	0,5	0,340	1,250	No cumple	-267,65	HACH 8131
3) DETERMINACION DE COMPONENTES ORGANICOS							
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/l	200	408	305	No cumple	25,25	HACH 8000
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/l	100	280	170	No cumple	39,29	Standard Methods 5210 B
4) ANALISIS MICROBIOLOGICO							
COLIFORMES TOTALES	N.M.P./100 ml	---	51720000	46110000	No aplica	10,85	Standard Methods 9223 B
E. COLI	N.M.P./100 ml	2000 (4)	13140000	7590000	No cumple	42,24	

NORMA DE COMPARACION

AM 097 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, ANEXO 1, TABLA 9: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

NOTAS

- (1) El cumplimiento del parámetro del color se estima considerando que el agua con una medida de color de 5 unidades Pt-Co es inapreciable para consumo, y este multiplicado por 20 daría 100 unidades Pt-Co como límite máximo para comparación.
- (2) El límite máximo corresponde a la determinación como fósforo total.
- (3) El límite máximo corresponde a la determinación como hierro total.
- (4) El límite máximo corresponde a la determinación como coliformes fecales.

ABREVIATURA


N.M.P.: Número más probable

OBSERVACION

- El presente reporte corresponde a los valores encontrados en las muestras recolectadas.
- Se aplicó diluciones de 1/100000 en las muestras recolectadas al ingreso y a la salida de la planta para la realización de los análisis microbiológicos.

ANALIZADO FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO REALIZADO POR: Ing. Michael Bermúdez

REPORTADO POR:


Quím. Verónica Vargas
LABORATORIO DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO

LABORATORIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Fecha de recolección de las muestras: 13 de febrero del 2019
Tipo de agua: residual
Sistema de agua: Planta de tratamiento de aguas residuales de CACHIVIRO
Recolectado por: Ing. Michael Bermúdez

Reporte: 058-2019 LABA-EMAPAO-EP

PARAMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	INGRESO A LA PLANTA	SALIDA A LA PLANTA	CUMPLIMIENTO DE LA MUESTRA DE LA SALIDA DE LA PLANTA	% REACCIÓN EN LA PLANTA	METODOLOGÍA DE REFERENCIA
1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS							
COLOUR (HACH)	Unidades	Impresión en 20 cm (20)	111	177	No cumple	15,11	Standard Methods (2120.1)
CONDUC. AUTOM. (T.C.M.E.A. (E))	µS/cm	—	840	917	No aplica	—	Standard Methods (2510.8)
POTENCIAL DE HEDRÓGENO	pH	6 - 9	7,80	7,22	Cumple	—	Standard Methods (1510.1)
SUSPENSIÓN TOTAL	mg/l	—	411	377	No aplica	17,67	Standard Methods (1040.2)
SUSPENSIÓN TOTALS	mg/l	100	416,3	114,8	Cumple	77,51	Standard Methods (2490.1)
SUSPENSIÓN TOTALS	mg/l	1000	374,2	5,93	Cumple	97,53	Standard Methods (2490.1)
TEMPERATURA	°C	—	20,3	19,5	No aplica	—	Standard Methods (1810.1)
TURBIDIDAD	NTU	—	157,0	110,0	No aplica	84,10	Standard Methods (1810.1)
2) DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS Y NO METÁLICOS							
FOSFORO (P-PO ₄ -P)	mg/l	10,0 (1)	3,30	4,80	Cumple	45,45	Standard Methods (4500.0)
AMONIO (NH ₄ -N)	mg/l	10,0 (1)	0,10	0,09	Cumple	90,90	Standard Methods (4500.0)
NITRÓGENO AMONIA (NH ₄ -N)	mg/l	10,0	0,10	0,10	Cumple	90,90	Standard Methods (4500.0)
NITRÓGENO AMONIA (NH ₄ -N)	mg/l	10,0	12,55	46,50	No cumple	41,08	Standard Methods (4500.0)
SULFATO (SO ₄ -S)	mg/l	—	0,11	0,16	No aplica	—	Standard Methods (4500.0)
SULFATO (SO ₄ -S)	mg/l	1000	36	39	Cumple	16,67	Standard Methods (4500.0)
SULFATO (SO ₄ -S)	mg/l	0,5	0,160	0,480	No cumple	75,00	Standard Methods (4500.0)
3) DETERMINACIÓN DE COMPONENTES ORGÁNICOS							
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	200	816	371	No cumple	54,59	Standard Methods (5210.2)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	200	540	210	No cumple	61,11	Standard Methods (5210.2)
4) ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO							
COLIFORMES TOTALES	N.M.F./100 ml	—	125.0000	4100.0000	No aplica	—	Standard Methods (9223.0)
COLIFORMES TOTALES	N.M.F./100 ml	2000	251.0000	3541.0000	No cumple	41,07	Standard Methods (9223.0)

NORMA DE COMPARACIÓN

AN 897 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, ANEXO 1, TABLA 9: LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

NOTAS

- (1) El límite máximo corresponde a la determinación como Medio total.
- (2) El límite máximo corresponde a la determinación como Medio total.
- (3) El límite máximo corresponde a la determinación como coliformes fecales.
- (4) El cumplimiento del parámetro del color se indica considerando que el agua con una medida de color de 5 unidades PCU es inapropiada, y se recomienda para 20 días 20 unidades PCU como límite máximo para comparaciones.

ABREVIATURA

N.M.F.: Número más probable

OBSERVACION

a) El presente reporte corresponde a los valores encontrados en las muestras recolectadas.

Se aplicó una dilución 1/100000 en las muestras recolectadas al ingreso y a la salida de la planta para la realización del análisis microbiológico.

ANALIZADO POR:

REVISADO Y REPORTADO POR:

Ing. Michael Bermúdez
LABORATORIO DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO

Ing. Víctor Vique
LABORATORIO DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADO

Dirección: Calle Guayaquil # 401 entre Gloria Moreno y Juan Montalvo
Teléfono: 06 2 568 0161 - 06 2 568 0162
OTAVALO - ECUADOR
www.emapao.gob.ec

OTAVALO
ADMINISTRACIÓN
2014 - 2019

Análisis “El Obrero”

LABORATORIO DE AGUA POTABLE REPORTE DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

DATOS DE LAS MUESTRAS		ANALISIS No. 058-2017 EMAPAO-EP
Fuente: Planta de tratamiento de Aguas Residuales El Obrero		Recolectada por: Ing. Michael Bermúdez
Fecha de recolección: 05/04/2017		Fecha de análisis: 05/04/2017 al 13/04/2017
Tipo de agua: Aguas servidas		Número de muestras: Dos
Sector: El Obrero		Localidad: Peguche

RESULTADOS OBTENIDOS

1) CARACTERISTICAS FISICAS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE*	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Conductividad		µS/cm	No indica	931	797	14.36
Color real	color real	Pt-Co	No indica	149	173	-16.11
Materia Floculante	Visual		Ausencia	presencia	ausencia	
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/l	No indica	0.22	0.19	
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	5 - 9	7.42	7.44	
Sólidos Totales	ST	mg/l	1000	620	460	40.24
Sólidos Suspendedos	SST	mg/l	100	220.00	20.00	89.07
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/l	No indica	508	454	14.02
Temperatura	T	°C	condición natural 13	18.5	18.00	
Turbiedad		NTU	No indica	250	25.3	89.96
2) DETERMINACION DE CONSTITUYENTES INORGANICOS METALICOS Y NO METALICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Fluoruros	F ⁻	mg/l	5.0			
Fosforo Total	P _{TOT}	mg/l	13.2	0.60	4.20	38.38
Hierro Total	Fe	mg/l	10.0	0.30	0.30	0.00
Manganeso total	Mn	mg/l	2.2	0.05	0.08	11.11
Nitrogeno amoniacal	N _{NH3}	mg/l	30.0	49.25	35.25	28.43
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000	10	10	0.00
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0.5	0.325	0.250	23.08
3) DETERMINACION DE COMPONENTES ORGANICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	802	149	81.42
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	100	400	85	78.75
4) ANALISIS BACTERIOLOGICO						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
COLIFORMES TOTALES	NMP	NMP/100 ml	No indica	8800000	11530000	-31.02
E. COLI	NMP	NMP/100 ml	10000	7070000	5630000	26.60

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según Tabla 19 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Norma de Caudal Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua

** La apreciación del color: se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

ABREVIATURAS:

NMP

Número más probable

Análisis por:

Revisado por:

Ing. Michael Bermúdez

Quím. Verónica Vargas

EMAPAO-EP

LABORATORIO

**LABORATORIO DE AGUA POTABLE
 REPORTE DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL**

DATOS DE LAS MUESTRAS		ANALISIS No. 058-2017 EMAPAO-EP
Fuente: Planta de tratamiento de Aguas Residuales El Obraje		Recolectada por: Ing. Michael Bermúdez
Fecha de recolección: 05/04/2017		Fecha de análisis: 05/04/2017 al 12/04/2017
Tipo de agua: Aguas servidas		Número de muestras: Dos
Sector: El Obraje		Localidad: Peguche

RESULTADOS OBTENIDOS

1) CARACTERISTICAS FISICAS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE*	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Conductividad		µS/cm	No indica	931	797	14.36
Color real	color real	Pt-Co	No expresable en Pt-Co	149	173	-16.11
Materia Floculante	Valores		Ausencia	presencia	ausencia	
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/l	No indica	0.22	0.19	
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6 - 9	7.42	7.44	
Sólidos Totales	ST	mg/l	1000	829	460	40.24
Sólidos Suspendidos	SST	mg/l	100	220.06	26.00	88.07
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/l	No indica	508	454	14.02
Temperatura	T	°C	condición natural 13	12.5	18.00	
Turbiedad		NTU	No indica	250	25.3	90.16

2) DETERMINACION DE CONSTITUYENTES INORGANICOS METALICOS Y NO METALICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Fluoruros	F ⁻	mg/l	5.0			
Fosforo Total	P _{TOT}	mg/l	13.2	0.60	4.10	38.38
Hierro Total	Fe	mg/l	10.0	0.30	0.30	0.00
Manganeso Total	Mn	mg/l	2.0	0.05	0.08	11.11
Nitrogeno amoniacal	N _{NH4}	mg/l	30.0	49.25	35.25	28.43
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000	10	10	0.00
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0.5	0.325	0.250	23.08

3) DETERMINACION DE COMPONENTES ORGANICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	802	149	81.42
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	100	400	85	78.75

4) ANALISIS BACTERIOLOGICO						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
COLIFORMES TOTALES	NMP	N M P/100 ml	No indica	8800000	1150000	-31.02
E. COLI	NMP	N M P/100 ml	10000	7070000	5830000	26.50

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según Tabla 10 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Norma de Crecer Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua

** La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra dividida

ABREVIATURAS:

N M P

Número más probable

Analizado por:

Revisado por:

Ing. Michael Bermúdez

Quím. Verónica Vargas

EMAPAO-EP

LABORATORIO

**LABORATORIO DE AGUA POTABLE
REPORTE DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL**

DATOS DE LAS MUESTRAS

ANALISIS No. 068-2017 EMAPAO-EP

Fuente: Planta de tratamiento de Aguas Residuales El Obraje	Recolectada por: Ing. Michael Bermúdez
Fecha de recolección: 25/05/2017	Fecha de análisis: 25/05/2017 al 01/06/2017
Tipo de agua: Aguas servidas	Número de muestras: Dos
Sector: El Obraje	Localidad Peguche

RESULTADOS OBTENIDOS

1) CARACTERISTICAS FISICAS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE *	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Conductividad		µS/cm	No indica	859	793	7,68
Color real	color real	Pt-Co	** Inapreciable en dilución: 1/20	208	102	50,96
Materia Flotante	Visibles		Ausencia	presencia	ausencia	
Oxígeno disuelto	O	mg/l	No indica	0,40	0,28	
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6 - 9	8,16	7,46	
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600	768	496	35,42
Sólidos Suspendidos	SST	mg/l	130	46,50	22	52,69
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/l	No indica	474	439	7,38
Temperatura	T	°C	condición natural ±3	19,6	19,30	
Turbiedad		NTU	No indica	296	43,0	85,47

2) DETERMINACIÓN DE CONSTITUYENTES INORGANICOS METALICOS Y NO METALICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Fluoruros	F ⁻	mg/l	5,0			
Fósforo Total	P-PO ₄	mg/l	10,0	5,00	4,50	10,00
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0	0,30	0,30	0,00
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0	0,22	0,15	31,82
Nitrógeno amoniacal	N-NH ₃	mg/l	30,0	48,00	39,75	13,59
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000*	0	0	
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5	0,300	1,580	-420,00

3) DETERMINACION DE COMPONENTES ORGANICOS						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	528	124	76,52
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	100	340	75	77,94

4) ANALISIS BACTERIOLOGICO						
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	Unidad de medida	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENTRADA	SALIDA	% REMOCION
COLIFORMES TOTALES	NMP	N.M.P/100 ml	No indica	54750000	12740000	76,73
E. COLI	NMP	N.M.P/100 ml	10000	17890000	3790000	78,81

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según Tabla 10 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

** La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

1000* para la determinación de sulfatos con dilución 1 en 10, el resultado es cero en ambos casos, estando por debajo de lo permisible.

ABREVIATURAS:

N.M.P.: Número más probable

Analizador por:

Revisado por:

Ing. Michael Bermúdez

Quim. Verónica Vargas

Anexo 6
Banco de Preguntas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Cuestionario de percepción de olores

Estimado habitante: La presente encuesta tiene como fin conocer la percepción de la población acerca de los olores provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio.

- | | |
|--|---|
| 1.- ¿Siente Ud. los olores provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales? | 5.- ¿A qué hora ha percibido más los olores? |
| a) sí b) no c) no se | 03:00 a 6:00 am |
| 2.- Los olores provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales son: | 06:00 a 09:00 am |
| a) Muy débiles b) Débiles | 09:00 a 12:00pm |
| b) Fuertes d) Muy fuerte | 12:00 a 15:00 pm |
| 3.- ¿Cree usted que la generación de malos olores es a causa de un mantenimiento inadecuado? | 15:00 a 18:00 pm |
| a) sí b) no c) no se | 18:00a 21:00 pm |
| 4.- ¿A qué olor se le asemejan? | 21:00 a 23:00 pm |
| a) Huevo podrido | 6.- ¿Cuándo son más fuertes los olores? |
| b) Fecal | Invierno Verano |
| c.) Pescado podrido | 7.- ¿Cree usted que los olores provenientes de la Planta de tratamiento disminuyeron comparado con hace dos años? |
| d) Otros | a) si b) no c) no |

Anexo 7

Registro Fotográfico

Ilustración 1. Etapas de dosificación del bioactivadores B1. a) Materiales de dosificación del B1; b) Mezcla de la solución química (B1) y agua; c) Implementación del producto combinado en los sedimentadores.



a)



b)



c)

Ilustración 2. Etapas de dosificación de bioactivadores B2: a) Materiales de dosificación del B2; b) Implementación directa del compuesto químico) Aplicación del producto en los sedimentadores.



a)



b)



c)